Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 5048F

Plates-formes d'atterrissage en mer au service de la mise en valeur des richesses naturelles au large de la côte Est du Canada

Rapport sommaire

Préparé pour le
Centre de développement
des transports

Transports Canada

DÉCEMBRE 1983

Canada

CA1
DTC 845
83
021SZ
c.2

TP 5048F

PLATES-FORMES D'ATTERRISSAGE EN MER AU SERVICE DE LA MISE EN VALEUR DES RICHESSES NATURELLES AU LARGE DE LA CÔTE EST DU CANADA

RAPPORT SOMMAIRE

fait par

Georges Sladek
N.A. Irwin et al.
du Groupe IBI

en collaboration avec

Albery, Pullerits, Dickson & Associates Limited
Seagem Incorporated

Library and Information Centre / Centre de Documentation (GSIA)
RECEIVED - REÇU LE
OCT 9 1985
Transport Canada / Transports Canada

Décembre 1983

Le contenu du présent rapport ne reflète que les opinions des auteurs et ne saurait en aucun cas engager les politiques et positions officielles du Centre de développement, Transports Canada.

Les poids et mesures figurant dans ce rapport sont exprimées dans les deux systèmes, métrique et impérial, comme le veut l'usage dans les industries aéronautique et pétrolière.

Also available in English under the title "Offshore Airport Concepts Servicing the East Coast Energy Resource Industry", TP 5048E.

Ont collaboré au présent rapport:

Le Centre de développement des transports

M. Tapiero
B. Myers

Le Groupe IBI

N. Irwin
G. Sladek
D. Sims
T. Ross
P. Hayes
C. Soukup

Albery, Pullerits, Dickson & Associates Limited

K. Pullerits
A. King

Seagem Incorporated

C. Nicoll
A. Wilkie

La de Havilland du Canada

A. Toplis
B. Williams
W. Galloway

Mobil Oil Canada Limited

K. Gossen
R. McNichol

Petro-Canada Resources Incorporated

W. Jonasson

REMERCIEMENTS

La présente étude, conduite pour le Centre de développement des transports, Transports Canada, a largement bénéficié de la participation active de la de Havilland Aircraft of Canada Ltd., de Mobil Oil Canada Limited et de Petro-Canada Resources Inc.

Elle s'est déroulée sous l'égide d'un comité de direction multidisciplinaire mis sur pied par le Centre de développement des transports et chargé de promouvoir la collaboration et la concertation entre les divers intervenants des secteurs privé et public et des milieux aéronautiques, maritimes et pétroliers concernés.

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1. N° du rapport Transports Canada	2. N° de l'étude — CDT	3. N° de catalogue du destinataire
TP 5048F	4610	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
Plates-formes d'atterrissage en mer au service de la mise en valeur des richesses naturelles au large de la côte Est du Canada	Décembre 1983
	6. N° du rapport de l'organisme exécutant
7. Auteur(s)	8. N° de dossier Transports Canada
George J. Sladek, Neal A. Irwin, et al.	D 1455-144
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. N° de dossier — ASC
IBI Group 156 Front Street West, 6th Floor Toronto, Ontario M5J 2L6	09SD.T8200-2-2502
	11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada
	1SD82-00087
12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports Complexe Guy Favreau, 200 o., boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal, Québec H2Z 1X4	Sommaire août 83-déc.83
	14. Code de l'organisme parrain
	CDT 4610
15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
Sommaire du rapport final TP 5047E	Michel Tapiero Barry B. Myers

17. Resume La mise en valeur des ressources énergétiques au large des côtes Est du Canada nécessite le transport d'effectifs à des distances pouvant atteindre 200 milles marins, dans des conditions climatiques extrêmement rigoureuses. Trois secteurs ont été étudiés: la mer du Labrador, Hibernia et Scotian et les exigences correspondantes déterminées du point de vue logistique, environnement, sécurité, réglementation et infrastructure, ainsi que l'utilisation d'ADAC. Le rapport détermine les états de mer et les conditions climatiques et glaciales auxquels il faut faire face. Il présente un devis des dépenses d'investissement et des coûts d'exploitation concernant les plates-formes d'atterrissage tant fixes que flottantes, utilisées comme base avancée soit par des hélicoptères, soit par des ADAC du type DASH-7. Le coût global du concept étudié est comparé à celui du concept de base faisant appel à des hélicoptères basés à terre.

Aucun des concepts de plate-forme marine étudiée ne semble pouvoir apporter des économies suffisantes pour amortir les dépenses d'investissement initiales, du moins aux niveaux de trafic couramment prévus. Le coût d'héliports ancrés peut aller jusqu'à 590 millions de dollars, celui d'ADACports flottants varie entre 250 et 472 millions et celui d'héliports flottants entre 42 et 110 millions. Néanmoins, l'idée de prévoir des réservoirs de pétrole brut dans l'enceinte d'un ADACport flottant pourrait réduire appréciablement le niveau de trafic minimal justifiant les investissements à consentir.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Forage marin, plates-formes flottantes, plates-formes semi-submersibles, ADACport, héliport, îles artificielles, navires à deux coques, Atlantique, Dash-7, ADAC, hélicoptères, faisabilité économique.	Le CDT dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non classifié	Non classifiée	66	-

CDT TDC 79-005

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 5048F	4610	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
Plates-formes d'atterrissage en mer au service de la mise en valeur des richesses naturelles au large de la côte Est du Canada	December 1983
	6. Performing Organization Report No.
7. Author(s) George J. Sladek, Neal A. Irwin, et al.	8. Transport Canada File No. D 1455-144
9. Performing Organization Name and Address IBI Group 156 Front Street West, 6th Floor Toronto, Ontario M5J 2L6	10. DSS File No. 09SD.T8200-2-2502
	11. DSS or Transport Canada Contract No. 1SD82-00087
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) Complex Guy Favreau, 200 Dorchester Blvd. W. Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	13. Type of Report and Period Covered Summary Aug.83-Dec.83
	14. Sponsoring Agency Code TDC 4610
15. Supplementary Notes Main Report also available, TP 5047E	16. TDC Project Officer Michel Tapiero Barry B. Myers

17. Abstract

Energy resource developments in eastern Canada require the transport of personnel to and from installations location up to 200 n.m. offshore in one of the most severe of marine environments. The logistic requirements, the environment, safety considerations, regulatory and instructure needs and the application of STOL aircraft for offshore energy development have been investigated for three sites: the Scotian Shelf, Hibernia and the Labrador Sea. Environmental conditions of wave, weather and ice hazards along with likely traffic requirements are specified. Capital and operating costs are developed for offshore air terminals, both fixed and floating used as forward staging bases for either helicopter or STOL (Dash-7) operations. Total system costs are compared with a base case scenario of direct helicopter operations from the mainland.

No offshore terminal concepts were found to provide sufficient transportation costs savings at current forecast traffic levels to offset initial capital costs. Fixed, bottom-founded heliports cost up to $590 million; floating STOLports from $250 to $472 million and floating heliports from $42 to $110 million. However, incorporating crude oil storage facilities within the floating STOLport could substantially reduce the minimum traffic level required to justify the investment.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Offshore, Marine Floating, Semi-submersible, STOLport, Heliport, Artificial Islands, Landing Site, Strip Runway, Swath Vessel, Atlantic, Canada, Dash-7 STOL, Aircraft, Helicopters, Economic, Feasibility.	Limited number of copies available from the sponsoring agency.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	68	-

TDC CDT 79-005

PRÉFACE

Ce rapport rend compte de la recherche entreprise en vue de cerner et examiner diverses techniques de transport aérien réalisables pour appuyer la mise en valeur des richesses naturelles au large de la côte Est du Canada.

Les objectifs de cette recherche, axée principalement sur la manière de répondre à la demande de trafic passagers, ont été de trouver et d'évaluer:

- Les options ouvertes concernant un réseau amélioré de liaisons aériennes avec les installations de forage en mer: héliports, ADACports, îles artificielles, navires de type catamaran ou semi-submersibles, barges "accordées", etc.; ainsi que les systèmes de radionavigation et de contrôle de la circulation aérienne, etc., qui lui sont reliés.

- La faisabilité technico-économique des ADACports flottants et la technologie applicable dont dispose le Canada.

- Les débouchés commerciaux ouverts à cette technologie de pointe soit à l'extérieur, soit à l'intérieur du pays.

Le mandat ainsi défini a été rempli grâce aux actions suivantes:

- Recherche et évaluation:

  - des secteurs d'exploration sous-marine au large de la côte Est et des techniques de transport couramment utilisées pour les desservir;

  - des techniques correspondantes utilisées pour la mise en valeur des richesses naturelles en mer du Nord, à titre comparatif;

  - des prévisions de trafic à l'égard des secteurs considérés;

  - des besoins logistiques à satisfaire;

  - de l'état des techniques concernant les aéronefs à voilure tournante et ceux à voilure fixe de type ADAC, ainsi que des systèmes d'aides à la navigation qui leur sont reliés;

- de l'état des techniques concernant les navires et les ouvrages marins, notamment de type semi-submersible, et les îles artificielles;

- des normes applicables aux plates-formes d'atterrissage en mer;

- des informations météorologiques et climatiques à fournir;

- de la réglementation en matière de certification et de contrôle.

. Élaboration de documents de travail et de modèles analytiques visant la description, l'analyse et l'évaluation des techniques courantes et des possibilités de les améliorer.

. Rédaction d'un rapport récapitulatif rendant compte des résultats obtenus et montrant les actions futures à envisager.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	SECTEURS GÉOGRAPHIQUES VISÉS	4
3.	ENVIRONNEMENT	6
	3.1 Environnement marin	6
	3.2 Environnement atmosphérique	7
4.	SYSTÈMES DE NAVIGATION ET DE COMMUNICATIONS RADIOÉLECTRIQUES	10
5.	PRÉVISIONS DE TRAFIC	11
6.	OPTIONS	14
	6.1 Réseau de liaison directe par hélicoptère (option de référence)	14
	6.2 Héliports sur îles artificielles ou structures gravitaires	16
	6.3 Héliports flottants	17
	6.4 ADACports flottants	17
	6.5 Navires semi-submersibles de type catamaran	18
7.	COÛTS D'EXPLOITATION ET CARACTÉRISTIQUES DES AÉRONEFS	19
	7.1 Aéronefs à voilure tournante	19
	7.2 Aéronefs à voilure fixe	19
8.	TECHNIQUES DE TRANSPORT UTILISANT DES HÉLIPORTS EN MER	24
	8.1 Options envisageables	24
	8.2 Défense contre les icebergs	24
	8.3 Îles artificielles	26
	8.4 Héliport sur plate-forme gravitaire - Virgin Rocks	26
	8.5 Héliport sur plate-forme gravitaire en eau profonde	27
	8.6 Héliport sur coque de navire TGTB	28
	8.7 Plate-forme à câbles tendus	28
	8.8 Héliport semi-submersible	30
	8.9 Bilan comparatif des coûts	30
	8.10 Techniques d'exploitation	31
	8.11 Évaluation	32
9.	TECHNIQUES DE TRANSPORT UTILISANT DES ADACPORTS FLOTTANTS	34
	9.1 Techniques envisagées	34
	9.2 ADACport semi-submersible	34

9.3 Barge "accordée" Seaforth Maritime 36
9.4 Barge obtenue par assemblage de coques de TGTB 39
9.5 Caractéristiques hydrodynamiques 42
9.6 Évaluation des divers types d'ADACports 44
9.6.1 Définitions 44
9.6.2 Charges annuelles fixes et variables 44
9.6.3 Niveaux de trafic déterminant le point d'équilibre des coûts bruts 46
9.6.4 Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts nets, fonction de stockage prise en compte 46

10. PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT 50
10.1 Aéronefs à voilure tournante 50
10.2 Héliports flottants 50
10.3 ADACports flottants 51
10.4 Systèmes d'atterrissage 51
10.5 Transport par eau 52
10.6 Aérodromes et héliports 52
10.7 Réglementation et régulation 53
10.8 Quartiers d'habitation 53

11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 54

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Secteurs d'exploitation visés	5
Figure 2	Schéma de développement type d'un champ pétrolifère en mer	12
Figure 3	Techniques de transport	15
Figure 4	Héliport sur plate-forme fixe	25
Figure 5	Héliport flottant à câbles tendus	29
Figure 6	ADACport semi-submersible	35
Figure 7	ADACport sur barge "accordée"	37
Figure 8	ADACport sur barge TGTB	40
Figure 9	Résultats financiers nets des barges TGTB avec fonction de stockage	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Estimation en pourcentage du temps durant lequel les conditions météo diurnes sont inférieures aux minimums IFR catégorie II	8
Tableau 2	Régime des vents	8
Tableau 3	Prévisions du nombre de déplacements par an en fonction de l'effectif	13
Tableau 4	Rappel des coûts de transport par personne et par déplacement - Option de référence	16
Tableau 5	Caractéristiques des aéronefs à voilure tournante	20
Tableau 6	Rappel des valeurs indicatives de coût	21
Tableau 7	Caractéristiques techniques du Dash-7	22
Tableau 8	Rappel des coûts estimatifs concernant le Dash-7	23
Tableau 9	Coûts de premier établissement et coûts annuels d'exploitation - Héliports en mer	31
Tableau 10	Niveaux de trafic déterminant le point d'équilibre - Héliport de dégagement IFR	33
Tableau 11	Caractéristiques de la barge "accordée"	38
Tableau 12	Amplitudes types de la réponse des barges	42
Tableau 13	Composante verticale des vitesses imprimées à la piste au droit de la zone de toucher des roues	43
Tableau 14	Taux de disponibilité des barges à l'atterrissage	43
Tableau 15	Charges annuelles fixes et variables - Systèmes d'ADACports	45
Tableau 16	Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts bruts - ADACports flottants	48
Tableau 17	Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts nets - Fonction de stockage prise en compte	49

1. INTRODUCTION

Le transport de personnes par hélicoptère entre les points d'approvisionnement sur la côte Est du Canada et les installations de forage en mer constitue un problème épineux en raison des coûts élevés, de l'inconfort des passagers et d'incertitudes découlant des conditions climatiques difficiles.

Les coûts d'exploitation déjà élevés ne manqueront pas d'augmenter à mesure que le trafic va croître et que l'on exploitera des gisements de plus en plus éloignés de la côte.

La qualité du service bénéficiera certes d'aides à la navigation et à l'atterrissage améliorées et de prévisions météorologiques plus complètes, mais les minimums opérationnels d'atterrissage resteront élevés à cause de la faible superficie des plates-formes formant hélistations.

Enfin, le confort des passagers s'améliorera avec l'entrée en service d'hélicoptères plus gros, plus sûrs et plus confortables, mais le service ne sera pas plus rapide et les retards dus au mauvais temps resteront aussi nombreux. D'ailleurs, l'effet de ces deux facteurs se fera de plus en plus sentir à mesure que les distances à couvrir augmenteront.

La présente étude a examiné les diverses techniques susceptibles d'améliorer le service actuel:

a) Réduction des coûts d'exploitation et des retards reliés aux aéronefs à voilure tournante par:

   - la mise en oeuvre d'héliports construits sur plates-formes très stables, équipées des instruments nécessaires et capables de servir d'hélistation de dégagement IFR, d'où une productivité accrue du service;
   - la mise en oeuvre d'aides à l'atterrissage améliorées afin de diminuer, aux héliports spécialisés, les retards dus au mauvais temps;
   - la concentration des vols sur un héliport central où se fera la répartition des marchandises, d'où un redressement des coefficients de remplissage dans les transports sur de grandes distances.

b) Réduction des coûts d'investissement par le remplacement des aéronefs à voilure tournante par des ADAC à voilure fixe qui:

- affichent des coûts d'exploitation moindres;
- réduisent les temps de vol;
- relèvent la qualité et la fiabilité du service;
- apportent un plus grand choix dans le nombre de points d'approvisionnement sur la côte et dans le lieu de leur implantation;
- promettent des services de plus en plus réguliers;
- profitent davantage aux avionneries canadiennes.

c) Augmentation de l'efficacité et de la fiabilité des liaisons assurées par des aéronefs à voilure tournante et fixe, grâce à des aides à la navigation, aux communications et à l'atterrissage améliorées.

d) Mise en oeuvre de moyens de transport maritime de type avancé à partir des héliports et des ADACports, lorsque le mauvais temps empêche les liaisons aériennes.

La recherche a montré qu'un grand nombre de problèmes de transport peuvent être résolus par le recours à des hélicoptères de technologie plus avancée et par la mise en place de services de soutien plus efficaces. Mais la solution la plus prometteuse reste le service par un ADAC à voilure fixe faisant la navette entre la terre ferme et un aérodrome flottant. Plusieurs techniques ont été étudiées qui, bien que réalisables, souffrent toutes d'un coût de premier établissement élevé qui annule les économies qu'un avion permettrait de réaliser grâce à des coûts d'exploitation moindres. Par contre, certaines techniques ayant montré qu'elles n'étaient que marginalement déficitaires, il semblerait que leur emploi pourrait devenir rentable si les prévisions de trafic venaient à être dépassées. Ce serait le cas, en particulier, des ADACports flottants utilisés aussi pour le stockage du pétrole brut.

D'autres options ont également été étudiées, notamment celle des avions convertibles alliant les grandes vitesses en palier des avions à voilure fixe à l'aptitude de décoller et d'atterrir verticalement des hélicoptères. Cependant, ces types d'appareils, que les forces armées américaines sont en train d'essayer, nécessitent encore beaucoup de recherche pour leur adaptation à des applications civiles.

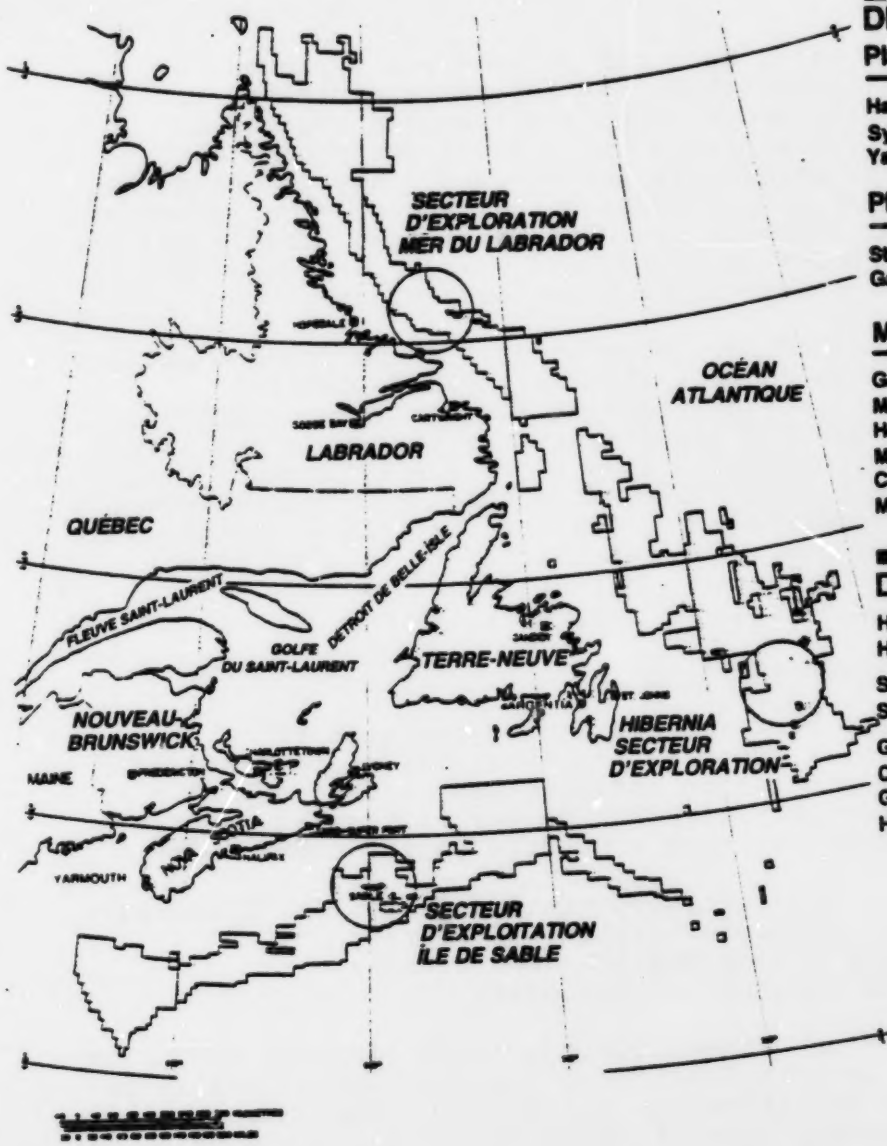
L'option des navires semi-submersibles de type catamaran a également été examinée, mais pas de façon aussi détaillée que les options aériennes, étant donné qu'elle n'entre pas dans le mandat reçu. Ces navires, dont l'emploi se répand de plus en plus, ont une bonne tenue en mer agitée et ils peuvent être très utiles comme moyen de transport principal ou d'appoint, selon les distances.

2. SECTEURS GÉOGRAPHIQUES VISÉS

Les trois secteurs géographiques visés par l'étude ont été: la plate-forme Scotian (île de Sable), les champs pétrolifères au large de Terre-Neuve (Hibernia) et la mer du Labrador. Ces trois secteurs présentent des particularités distinctes au chapitre des facteurs suivants:

- les conditions climatiques et les états de mer;
- les destinations au large reliées entre elles;
- l'existence d'un aérodrome sur la terre ferme servant de point d'approvisionnement central;
- les aérodromes de dégagement sur la terre ferme;
- les compétences juridiques.

À l'intérieur de ces trois secteurs, une zone circulaire ayant 50 milles marins de diamètre a été délimitée, représentative de l'activité d'exploitation dans le secteur considéré à la figure 1. Cette façon de procéder a permis de comparer les performances relatives de certaines options sélectionnées, considérant pour cela des distances entre 100 et 204 milles marins. Ces distances ont été portées à 250 milles marins dans le cadre d'une analyse de sensibilité de ces options.



DISTANCE À VOL D'OISEAU

Plate-forme Scotian

Halifax — Île de Sable	160 mi ma
Sydney — Île de Sable	133 mi ma
Yarmouth — Île de Sable	223 mi ma

Plate-forme terre-neuvienne

St-John's — Hibernia	204 mi ma
Gander — Hibernia	290 mi ma

Mer du Labrador

Goose-Bay — Mer du Labrador	187 mi ma
Hopedale — Mer du Labrador	100 mi ma
Cartwright — Mer du Labrador	138 mi ma

DISTANCES TERRESTRES

Halifax — Yarmouth	321 km
Halifax — Sydney	432 km
St.John's — Gander	331 km
St.John's — Argentia	131 km
Goose Bay — Cartwright	210 km
Goose Bay -- Hopedale	250 km

IBI GROUP

SECTEURS D'EXPLORATION VISÉS

figure 1

3. ENVIRONNEMENT

Le climat marin dans ces régions est typiquement rigoureux et imprévisible. Si les températures sont relativement douces par rapport aux autres régions du Canada, les vents violents qui y soufflent produisent un refroidissement glacial et des embruns glacés. Les glaces de mer, les glaces dérivantes et les états de mer extrêmes sont un danger constant pour les mouillages, tandis que les fréquentes périodes de brouillard étendu, de nuages bas et de vents forts gênent la circulation aérienne.

Les données météorologiques de l'étude ont été puisées dans la banque de données informatisées du Centre d'environnement atmosphérique de Toronto (Environnement Canada). Des données supplémentaires tirées de publications canadiennes et internationales y ont été ajoutées. Les données informatisées n'avaient qu'une utilité restreinte du fait qu'elles portaient sur des observations d'une durée de 6 heures, alors que, pour les besoins de la planification aérienne, des observations horaires sont nécessaires pour un calcul approché du taux de disponibilité des aérodromes.

3.1 Environnement marin

L'étude des performances hydrodynamiques et sécuritaires des structures examinées ici a été fondée sur des modèles de simulation assistée par ordinateur. À partir des statistiques sur les états de mer et les régimes des vents, un état de mer type a pu être défini comme suit:

- hauteur significative extrême de houle: 18 mètres;
- hauteur de houle maximum: 36 mètres;
- longueur d'onde maximum: 600 mètres;
- période maximum: 20 secondes.

Au cours d'une année, quelque 1 200 icebergs vont à la dérive depuis la côte Ouest du Groenland jusque dans la mer du Labrador et du plateau de Terre-Neuve, empruntant ce qu'il est convenu d'appeler le "corridor des icebergs". La plate-forme Scotian, elle, est pratiquement exempte de glaces dérivantes. Leur taille va des bergy bits et des bourguignons ayant moins de 1,50 m de haut, 5 m de long et pesant moins de mille tonnes aux très gros icebergs dépassant les 100 m de haut, les 220 m de long et le million de tonnes. L'examen des conditions glacielles a montré que les opérations de forage sur plates-formes flottantes auraient un caractère essentiellement saisonnier dans la mer du Labrador, mais que la nécessité de déconnecter sera

plutôt rare au large de Terre-Neuve. Quant aux plates-formes fixes, elles devront être entourées d'un dispositif de protection contre les gros icebergs (haut-fond d'échouage), et être capables de résister aux chocs des icebergs plus petits.

3.2 Environnement atmosphérique

Les principaux facteurs météorologiques influençant les opérations aériennes sont le plafond, la visibilité, les vents traversiers à l'atterrissage, le givrage en cours de vol et de la plate-forme d'atterrissage et les mouvements de celle-ci.

La plate-forme Scotian offre les meilleures conditions de vol diurne durant les mois d'automne et d'hiver. Les autres mois, on trouve surtout du brouillard et des nuages bas. Celle de Terre-Neuve offre des conditions météo beaucoup plus difficiles, particulièrement durant les mois de mars à août et en novembre. La mer du Labrador offre une visibilité généralement bonne toute l'année, sauf en juillet, décembre et janvier.

Actuellement, les vols par hélicoptère sont arrêtés dès que la météo annonce des conditions inférieures aux minimums IFR, catégorie II. Ces minimums, dans le cas des plates-formes, sont de 30 mètres de visibilité verticale et de 400 mètres de visibilité horizontale.

Pour mesurer la disponibilité d'un aérodrome, il faut estimer la probabilité qu'il soit ouvert à la circulation un jour donné pendant un nombre d'heures prévues. Les éclaircies qui se produisent alors et permettent les opérations aériennes sont appelées créneaux météorologiques. Le tableau 1 donne le pourcentage estimatif du temps où les conditions météo sont inférieures aux minimums IFR, catégorie II, à l'égard de créneaux de 1 à 8 heures de durée.

Les atterrissages deviennent hasardeux par vents forts, surtout lorsqu'ils sont cisaillants ou traversiers et que s'y ajoutent des embruns glacés et une mauvaise visibilité. Là où des vents forts sont dominants, une plate-forme flottante doit être capable de toujours faire cap au vent de manière à réduire au minimum les vents traversiers. Or, les trois secteurs géographiques visés connaissent des longues périodes de vents forts, comme le montre le tableau 2.

Tableau 1
Estimation en pourcentage du temps durant lequel les conditions météo diurnes sont inférieures aux maximums IFR catégorie II

CRÉNEAU* (en heures)	PLATE-FORME SCOTIAN	PLATE-FORME DE TERRE-NEUVE	MER DU LABRADOR	
			TOUTE L'ANNÉE	DE JUIN À NOVEMBRE
1	4(10)**	12(15+)	4(10)	2(2)
2	5(10)	12(15+)	4(10)	2(2)
3	5(10)	13+(15+)	5(10)	2(3)
6	7(10)	13+(15+)	7(15)	4(10)
8	10(10)	13+(15+)	7(15)	5(10)

* Laps de temps ininterrompu durant lequel les conditions restent supérieures aux maximums IFR de catégorie II

** Entre parenthèses, le pourcentage mensuel le plus défavorable

Tableau 2
Régime des vents

SECTEUR	DIRECTION DU VENT	VITESSE DU VENT (noeuds)	% DU TEMPS TOTAL
Plate-forme Scotian/Sable	-	calme (0-2)	3
	ouest	15 ou plus	38
	toutes	15 ou plus	47
	toutes	20 ou plus	28
	toutes	30 ou plus	16
Plate-forme de Terre-Neuve/ Hibernia	-	calme (0-2)	2
	ouest	15 ou plus	32
	toutes	15 ou plus	43
	toutes	20 ou plus	32
	toutes	30 ou plus	3
Mer du Labrador	-	calme (0-2)	3
	ouest	15 ou plus	24
	toutes	15 ou plus	47
	toutes	20 ou plus	26
	toutes	30 ou plus	28

Le givrage en cours de vol constitue un problème épineux dû au fait de la conjugaison d'un taux d'humidité élevée et de températures glacées. Les hélicoptères sont particulièrement vulnérables. Les systèmes de protection contre le givrage sont de plus en plus répandus et font l'objet de recherches visant à les rendre plus économiques. Le Dash-7 est équipé contre le givrage des organes critiques et, comme sa cabine est pressurisée, cet appareil peut à l'occasion voler au-dessus des couches d'air givrantes.

Les trois secteurs visés connaissent aussi des conditions d'embruns glacés vers la fin de l'automne et jusqu'à la mi-printemps, dont l'intensité varie selon l'état de mer, le vent, la température et les précipitations. La moyenne des températures moyennes se situe au-dessous de 5 °C entre décembre et avril au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve, et depuis octobre jusqu'à mai dans la mer du Labrador. Ces embruns glacés salins viennent aggraver les choses, provoquant le givrage soudain des aéronefs, amorçant la corrosion des cellules, baissant le plafond de visibilité et rendant glissantes les surfaces d'atterrissage.

Dans des conditions aussi difficiles, obtenir des informations météorologiques plus justes et plus complètes devient une nécessité primordiale. On pourrait y arriver par la mise en place d'un matériel de détection et de transmission des données dans le voisinage des installations de forage en mer visées. Ces informations sont d'autant plus vitales qu'il est impérieux de trouver des corrélations entre visibilité, régime des vents et états de mer, facteurs de plus en plus significatifs du fait de la fréquence des conditions météorologiques de catégorie IFR II et III. En outre, des informations encore plus précises et plus complètes deviendront nécessaires advenant l'installation de dispositifs d'atterrissage automatique (catégorie IIIa) des aéronefs à voilure tournante et fixe. Il est donc recommandé de commencer l'élaboration de programmes informatiques capables d'établir des corrélations entre plafond, visibilité, régime des vents et états de mer, et à partir desquelles il serait possible de faire des calculs approchés sur la disponibilité éventuelle des installations d'atterrissage en mer.

4. SYSTÈMES DE NAVIGATION ET DE COMMUNICATIONS RADIOÉLECTRIQUES

Étant donné le nombre peu élevé des aéronefs évoluant dans les secteurs visés, la gamme des services de radionavigation, de radiocommunications et de contrôle de la circulation aérienne (ATC/FSS) est réduite, bien que des services provisoires aient été mis en place par accord entre les transporteurs aériens et les services de contrôle. On dispose de radiophares VHF omnidirectionnels et d'indicateurs DME (VOR/DME) pour effectuer le repérage positif des aéronefs à portée. Dans le voisinage des plates-formes, on se sert de radiophares non directionnels (NDB), de transpondeurs radar aéroportés, et de communications radio directes. Les plans de vol sont déposés auprès de Transports Canada pour en obtenir l'autorisation.

Il faudra bientôt choisir entre le LORAN C et l'OMEGA comme système standard de radionavigation, complété d'installations VOR/DME. Il y a lieu en outre d'envisager des systèmes périphériques de communication (PAL) entre les installations de forage en mer et les centres ATC dans le but d'obtenir un meilleur contrôle de la circulation aérienne dans le voisinage des installations en mer.

On pourrait envisager pour ce système PAL une station VHF émettant en MA pour communiquer avec les aéronefs à sa portée, ainsi qu'une puissante liaison radio émettant en HF sur une bande latérale unique pour communiquer avec le centre de contrôle de la circulation aérienne.

Enfin, il faudra prévoir des informations météo beaucoup plus précises et des services ATC/FSS mieux structurés. De plus, à mesure que se développeront l'exploration et l'exploitation des gisements sous-marins, un contrôle plus efficace de la circulation aérienne s'imposera, nécessitant éventuellement la mise en place de services ATC/FSS complets sur le lieu même des ADACports et des héliports en mer.

5. PRÉVISIONS DE TRAFIC

Les prévisions de trafic prises en compte ont été fondées sur le nombre probable de plates-formes de production en activité simultanément, à l'intérieur de chacun des secteurs géographiques définis.

L'industrie pétrolière prévoit deux schémas de développement figure 2:

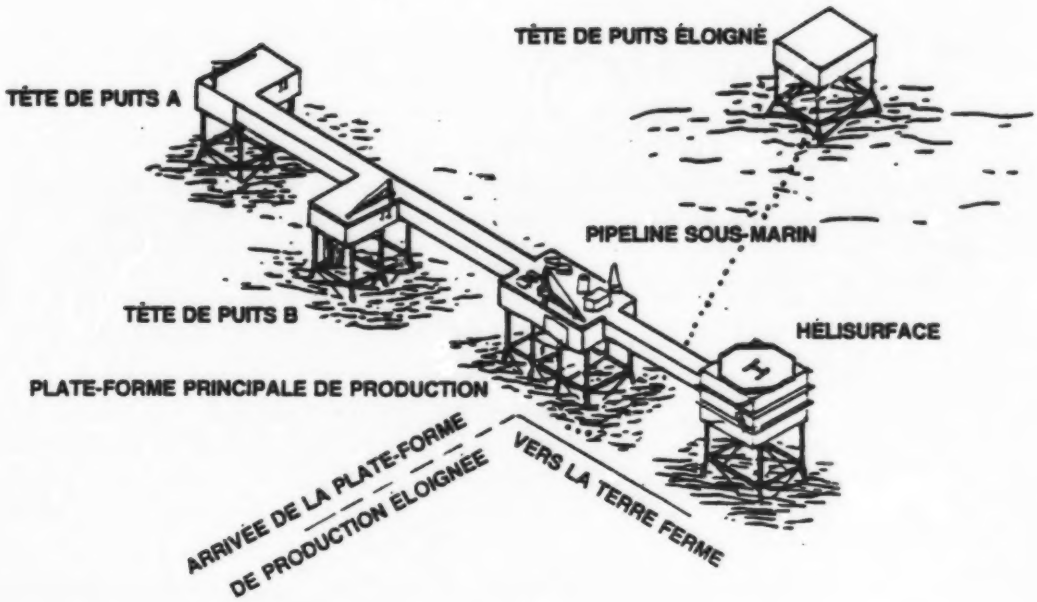
1. Un schéma centralisé où des plates-formes de grande envergure sont construites, capables d'exploiter directement une zone de quelque 6,4 km² et reliées par pipeline sous-marin à trois ou quatre puits satellites;

2. Un schéma décentralisé où des petites plates-formes au nombre de quatre au maximum sont construites, chacune d'elles pouvait exploiter une zone d'un kilomètre carré environ.

Il est envisagé d'adopter le premier schéma dans le cas de la plate-forme Scotian. On ne sait pas trop quel schéma choisir dans le cas du champ pétrolifère Hibernia et on ignore tout sur celui qui conviendrait le mieux dans la mer du Labrador. Même si le schéma centralisé fait appel à un effectif plus réduit que l'autre, il a été jugé plus simple de tabler sur ce dernier pour établir les prévisions de trafic, étant donné que les résultats chiffrés risquaient de beaucoup varier d'un schéma à l'autre.

Le tableau 3 montre les trois scénarios envisagés, correspondant aux trois niveaux d'effectif établis: minimum probable et maximum. Le nombre de déplacements à prévoir par an a été élaboré en prévoyant des séjours d'une durée moyenne de une, deux et trois semaines.

Ayant constaté que les niveaux de trafic ainsi pris en compte rendaient certaines options envisagées impraticables, nous avons décidé de notre propre chef de porter le plafond limite des prévisions à 300 000 par an, ce qui rend viables toutes les techniques sauf une.



IBI Group

SCHÉMA DE DÉVELOPPEMENT TYPE D'UN CHAMP PÉTROLIFÈRE EN MER

figure 2

Tableau 3
Prévisions du nombre de déplacements par an en fonction de l'effectif

		NOMBRE DE DÉPLACEMENTS PAR AN, LA DURÉE MOYENNE DU SÉJOUR ÉTANT DE:		
SCÉNARIO	EFFECTIF	1 SEMAINE	2 SEMAINES	3 SEMAINES
Minimum	400	41 600	20 800	13 900
Probable	850	88 400	44 200	29 500
Maximum	1 600	166 400	83 200	55 400

6. OPTIONS

Trois options ont été dégagées dans le but de les évaluer en les comparant au schéma courant considéré comme option de référence, à savoir le réseau de liaison directe par hélicoptère vers les plates-formes de forage. Ces trois options ainsi que l'option de référence sont illustrées à la figure 3.

Les options prises en compte sont les suivantes:

- réseau de liaison directe par hélicoptère;
- héliports sur îles artificielles;
- héliports flottants;
- ADACports flottants;

6.1 Réseau de liaison directe par hélicoptère (option de référence)

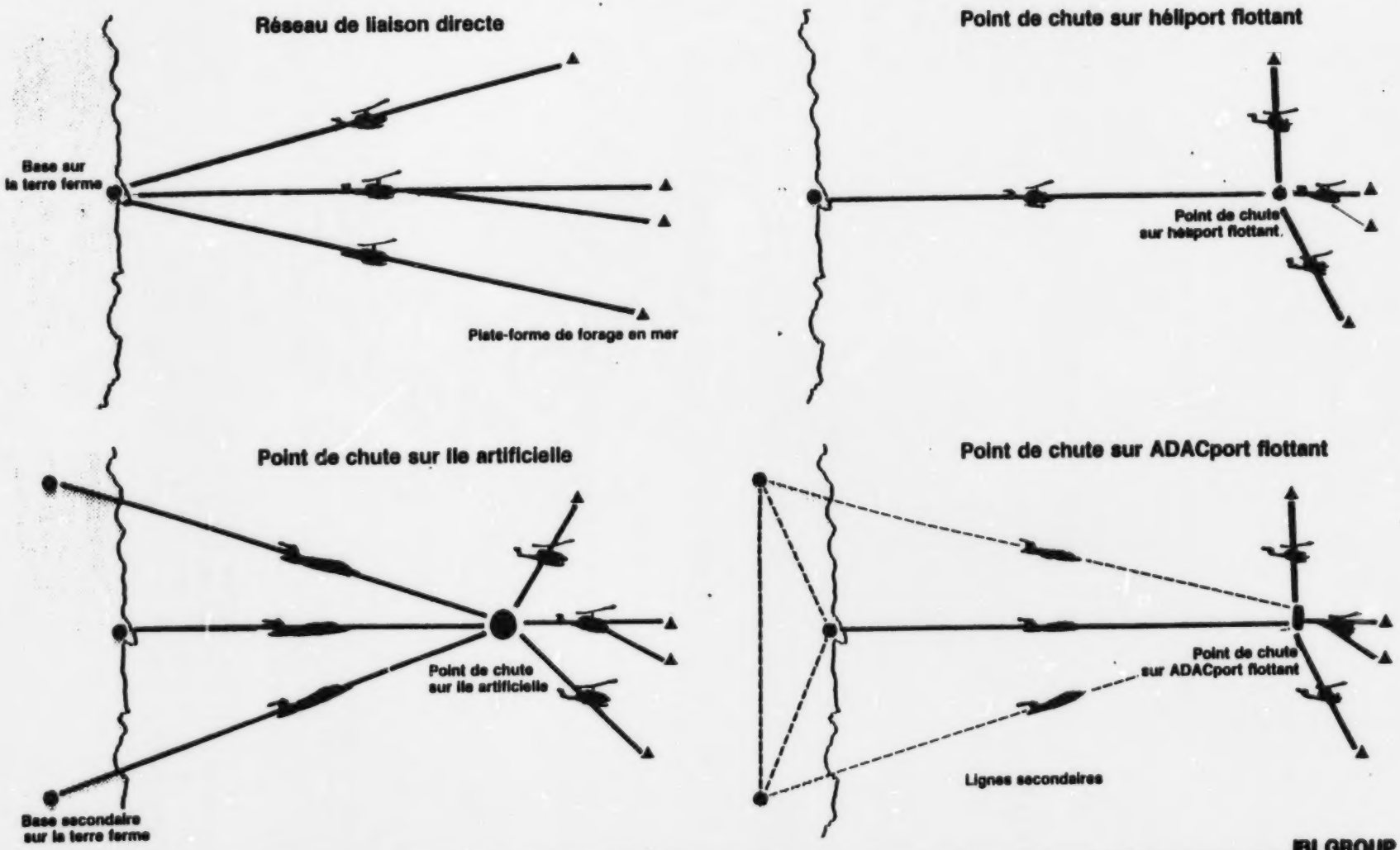
Afin de pouvoir évaluer les avantages technico-économiques d'une amélioration éventuelle du réseau existant, les principaux secteurs géographiques visés ont été étudiés en fonction des paramètres suivants;

- emplacement géographique des gisements sous-marins;
- nombre et emplacement des bases d'approvisionnement sur terre ferme;
- distance par avion entre les gisements et les bases;
- nombre de plates-formes desservies par vol;
- effectif de chacune des plates-formes desservies;
- durée moyenne du séjour de l'effectif;
- fréquence des vols;
- capacité, autonomie et coût d'exploitation des aéronefs.

L'évaluation a pris en compte les prévisions de trafic et l'évolution probable des techniques, toute technique demandant un temps de mise au point supérieur à celui fixé par l'étude ayant été écartée.

L'analyse de la demande a donné les résultats suivants:

Gamme de l'effectif par plate-forme	100-200 personnes
Durée moyenne du séjour	2 ou 3 semaines
Fréquence des vols, minimum	182 jours par an
Nombre de plates-formes desservies par vol	2
Coefficient de remplissage moyen	85 p. 100



TECHNIQUES DE TRANSPORT

figure 3

Le tableau 4 ci-dessous donne les coûts unitaires de transport pour chaque combinaison de paramètres.

Tableau 4
Rappel des coûts de transport par personne et par déplacement - Option de référence

SECTEUR	BASE(S) D'APPROVISIONNEMENT SUR TERRE FERME	COÛT UNITAIRE MAXIMUM	COÛT UNITAIRE MAXIMUM	COÛT UNITAIRE MAXIMUM
Hibernia	St. John's	439	367	403
Mer du Labrador	Hopedale	229	163	196
	Cartwright	313	232	272
Scotian	Halifax	331	275	253
	Halifax/Sidney	377	282	329
	Halifax/Sydney/ Yarmouth	451	363	407

6.2 Héliports sur îles artificielles ou structures gravitaires

Cette option envisage l'utilisation d'un gros hélicoptère faisant la navette entre la terre ferme et les héliports construits soit sur des îles artificielles, soit sur des structures gravitaires.

De là, les passagers sont transportés jusqu'aux plates-formes par des hélicoptères de rabattement plus petits ou par des navires adaptés.

L'île artificielle ou la structure gravitaire considérée, conçue en vue de recevoir une qualification d'aéroport de dégagement IFR, devra être équipée en conséquence: systèmes de radionavigation et de radiolocalisation et aides à l'atterrissage performants; de plus, elle servira de point de ravitaillement avancé et de base d'appui opérationnel.

En eaux profondes, l'option d'une structure gravitaire fixe peut être considérée à la place d'une île artificielle. Là où la profondeur est relativement faible, à Virgin Rocks, par exemple, ces deux options sont également faisables.

6.3 Héliports flottants

Cette option envisage l'utilisation de gros hélicoptères faisant la navette entre la terre ferme et un héliport flottant, d'où les passagers seraient transportés par des hélicoptères de rabattement plus petits vers les plates-formes de forage, groupées ou isolées. Il est probable que les minimums à l'atterrissage sur héliport flottant soient plus bas que ceux qui sont applicables aux plates-formes mêmes.

Si le temps le permet, les passagers seraient aussitôt pris en charge par les hélicoptères de rabattement. Dans le cas contraire, ils demeureraient sur place dans l'attente de la première éclaircie. Il est possible d'envisager aussi un service maritime de rabattement comme moyen de réduire les retards dus au mauvais temps.

Une autre possibilité serait d'utiliser l'héliport flottant comme héliport de dégagement IFR ouvert aux hélicoptères du réseau de liaison directe dont le rendement serait de la sorte relevé.

6.4 ADACports flottants

Cette option envisage l'utilisation d'un aérodrome flottant, capable de recevoir des aéronefs à voilure fixe de type ADAC, c'est-à-dire à atterrissage et à décollage courts, le de Havilland Dash-7, par exemple. Un service de rabattement par hélicoptère assurerait le transport entre l'aérodrome flottant et les plates-formes de forage. Il est également possible d'envisager des liaisons supplémentaires par ADAC, à partir des aérodromes terrestres dans le voisinage du point d'approvisionnement principal.

Dès les premières analyses, il a été évident qu'un ADACport de type semi-submersible ne se justifie pas économiquement devant les faibles niveaux de trafic prévus. Un moyen moins onéreux est apporté par la technique de l'ADACport sur barge qui apporte l'avantage supplémentaire d'assurer le stockage sur place du pétrole brut extrait, réduisant de la sorte les coûts d'exploitation. Deux types de barges sont envisageables. La barge dite "accordée", étudiée par la firme Seaforth Maritime et dont les caractéristiques hydrodynamiques sont supérieures à celles exigées par les états de mer de référence retenus, et la barge proposée par Albery, Pullerits, Dickson et associés, constituée de cinq très gros transporteurs de brut (TGTB) déclarés en surplus.

6.5 Navires semi-submersibles de type catamaran

Il ressort de l'examen des conditions climatiques et des exigences en matière de système de radionavigation et d'aides à l'atterrissage que l'atterrissage en toute sécurité sur un ADACport ou un héliport flottant est possible à des minimums de visibilité verticale et horizontale qui interdisent tout atterrissage sur les plates-formes de forage ou d'exploitation. La solution à ce problème serait d'utiliser des navires semi-submersibles de type catamaran qui remplaceraient les hélicoptères de rabattement par mauvais temps ou qui se substitueraient à eux pour de bon.

7. COÛTS D'EXPLOITATION ET CARACTÉRISTIQUES DES AÉRONEFS

7.1 Aéronefs à voilure tournante

Connaissant les prévisions de trafic intéressant les trois secteurs géographiques visés, il a été possible de dégager, à l'égard des cinq types d'hélicoptères sélectionnés, la gamme qu'ils permettent dans le rapport nombre de passagers-autonomie, tableau 5, et de donner des valeurs indicatives des charges fixes et variables à prévoir, tableau 6. À partir de là, une courbe composite des coûts a été tracée en fonction des prévisions de trafic établies pour chaque secteur. Bien que fondées sur un certain nombre d'hypothèses et d'approximations, les valeurs chiffrées peuvent être considérées comme suffisamment précises pour servir à l'évaluation des techniques envisagées.

7.2 Aéronefs à voilure fixe

L'aéronef à voilure fixe sélectionné a été le Dash-7 qui est très répandu dans le monde et dont les caractéristiques de décollage et d'atterrissage sur courtes distances sont maintenant bien établies. De plus, il est équipé d'un système avionique homologué FAR 25, qui pourra éventuellement recevoir des émissions du système de navigation de surface (RNAV) et des systèmes d'atterrissage hyperfréquence. Il convient parfaitement bien à l'usage envisagé en raison de sa fiabilité, ses caractéristiques d'atterrissage sur courtes distances, son rapport charge utile-autonomie et ses coûts d'exploitation peu élevés.

Le tableau 7 rappelle les caractéristiques techniques du Dash-7 tandis que le tableau 8 donne les coûts fixes et variables à prévoir.

Tableau 5
Caractéristiques des aéronefs à voilure tournante

CARACTÉRISTIQUES	TYPE D'HÉLICOPTÈRE				
	S-76	S-61N	214ST	AS332L	BV234LR
Vitesse de croisière préconisée, en noeuds	135	110	130	135	135
Rayon d'action maximum de vol IFR à la vitesse la plus économique, en milles marins	265	225	250	300	335
Nombre de sièges disponibles actuellement Côte Est	8	17	16	16	-
Autonomie, en milles marins, en fonction du nombre de passagers, avec réserve IFR statutaire	passa-gers*	passa-gers*	passa-gers*	passa-gers*	passa-gers*
100	11	23	16	22	44
150	8	19	16	22	44
200	6	15	13	22	44
250	4	-	10	16	44
300	-	-	-	13	25
Autonomie en fonction de la distance à parcourir**	mi-nutes	mi-nutes	mi-nutes	mi-nutes	mi-nutes
50 milles marins	22	27	23	22	22
100	45	55	46	45	45
150	67	82	69	67	67
200	89	110	92	89	89
225	100	124	104	100	100
250	111	-	115	111	111
275	-	-	-	123	123
300	-	-	-	133	133

* Charge utile moyenne de 100 kg par passager, y compris bagages et combinaison protectrice.

** Ne comprend pas les temps de manoeuvre.

Tableau 6
Rappel des valeurs indicatives de coût

	S-76	S-61N	214ST	AS332L	BV234LR
1. Coût de premier établissement					
. Prix de l'aéronef en 1982	2 750 000	3 000 000	4 880 000	5 000 000	16 640 000
. Stock de rechange	340 000	380 000	610 000	630 000	2 080 000
. Coût total de premier établissement	3 090 000	3 380 000	5 490 000	5 630 000	18 720 000
2. Coûts fixes					
a) Salaires					
. Pilotes	160 000	160 000	160 000	160 000	160 000
. Techniciens	144 000	144 000	144 000	144 000	144 000
. Personnel de réserve	-	-	-	-	72 000
. Régulation/ Administration	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
Total partiel	344 000	344 000	344 000	344 000	416 000
b) Amortissement	233 750	255 000	414 800	425 000	1 414 400
c) Assurances	165 000	180 000	292 800	300 000	998 400
d) Intérêts	173 800	190 125	308 800	316 700	1 053 000
e) Administration	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000
f) Profit	297 000	303 500	402 900	432 000	1 040 000
. Total des coûts fixes par an	1 513 550	1 572 625	2 063 300	2 117 700	5 222 200
. Total des coûts fixes par mois	126 000	132 000	172 000	177 000	435 000
3. Coûts variables	440	510	590	790	1 700
4. Total annuel	2 132 080	2 408 530	2 916 540	3 239 540	7 723 740
5. Coût horaire moyen au bout de 1 000 heures*	2 132,08 $	2 408,53 $	2 916,54 $	3 239,54 $	7 723,74 $

* Comprend: coût mensuel fixe, mise sous hangar, coût horaire (surtout d'entretien), carburants, huiles, droits d'atterrissage. Ne comprend pas le coût des combinaisons de protection des passagers. Base: 1 000 heures

Tableau 7
Caractéristiques techniques du Dash-7

CARACTÉRISTIQUES	VALEUR CHIFFRÉE	PRÉCISION
Nombre de sièges	50 personnes	54 sièges maximum à 81 cm de distance entre deux rangées
Altitude maximum de croisière	7 600 m	
Poids maximum au décollage	20 000 kg	
Poids maximum à l'atterrissage	19 091 kg	
Capacité des réservoirs	2 545 kg	
Vitesse de croisière maximum	231 noeuds	À 2 432 m au-dessus de la mer et 227 noeuds à 4 560 m
Distance franchissable	500 milles marins	50 passagers x 100 kg + réserve IFR 100 mi ma, déroutement + 45 min en régime de croisière optimal
Distance franchissable maximum	1 100 milles marins	Comme ci-dessus, sauf 35 passagers x 100 kg
Distance de décollage nécessaire	687 m	Norme FAR 25: volets 25°, vent nul, atmosphère type, niveau de la mer, charge utile 20 000 kg
Distance d'atterrissage nécessaire	593 m	ADAC, volets 45°, hauteur d'obstacle 10,60 m, vitesse 1,3 V , surface sèche, vent nul, facteur de distance à l'atterrissage 60%, poids 19 091 kg
Composante transversale maximum du vent	15 noeuds	Minimum IFR II - VFR au-dessus de 20 noeuds

Tableau 8
Rappel des coûts estimatifs concernant le Dash-7

1. Coût de premier établissement ($ CAN)	
. Coût en $ 1983	8 500 000 $
. Stock de rechange (10 p. 100)	850 000
. Total	9 350 000
2. Coûts fixes	
. Amortissement	673 200
. Assurances	280 500
. Intérêts	701 300
. Administration et coûts de l'option de base	300 000
. Personnel de bord	393 000
. Profit	650 000
. Total des coûts fixes	2 998 000
3. Coûts variables	
. Entretien (254 $)*	635 000
. Carburants et huiles (377 $)*	942 500
. Total des coûts variables	1 577 500
4. Total annuel	4 565 500
5. Total annuel rapporté à 2 500 heures travaillées	1 825

* Correspond au coût pris en compte dans le calcul du profit attendu.

8. TECHNIQUES DE TRANSPORT UTILISANT DES HÉLIPORTS EN MER

8.1 Options envisageables

L'étude a envisagé un certain nombre de techniques ressortissant à deux grandes options: les héliports flottants et les héliports sur îles artificielles. Ces deux options, en plus d'autoriser diverses techniques de transport utilisant des aéronefs à voilure tournante, peuvent recevoir les aménagements suivants: hangars, équipements de forage, stockage, quartiers d'habitation et aides à la navigation. Les techniques envisagées sont les suivantes:

- îles artificielles,
- structures gravitaires fixes,
- plates-formes à câbles tendus,
- plates-formes semi-submersibles,
- TGTB transformés.

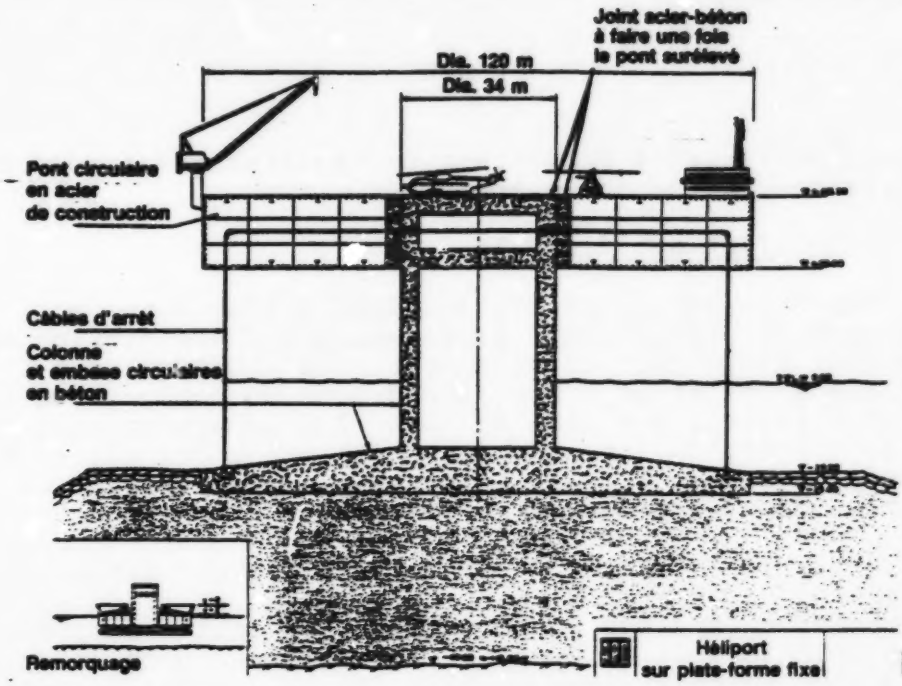
8.2 Défense contre les icebergs

Dans la technique des îles artificielles et des structures gravitaires, il a fallu tenir compte principalement des risques de collision avec des icebergs et la protection contre une telle éventualité.

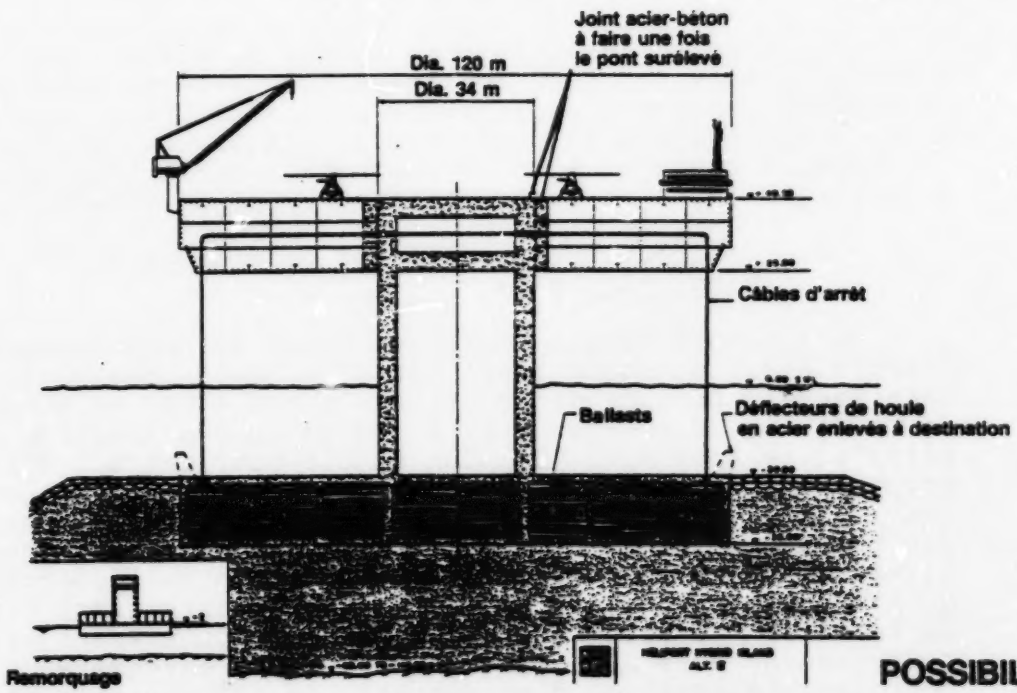
La première ligne de défense contre les gros icebergs pourrait être constituée, d'une part, par une barrière dimensionnée de manière à assurer le meilleur compromis entre la résistance absolue à donner à la structure et, d'autre part, par les contraintes pratiques en matière de fabrication et de mise en place: poids des obstacles, dimensions, etc.

La deuxième ligne de défense des structures gravitaires pourrait être constituée d'une série de câbles d'arrêt formant clôture. L'étude envisage des câbles verticaux placés tout autour de la structure et faits de faisceaux de brins métalliques de gros calibre placés sous gaine, ces câbles seraient fixés aux extrémités opposées de l'embase en passant à l'intérieur de la structure elle-même, figure 4.

Dans l'éventualité d'une défaillance du système de protection par câbles, la colonne et l'embase de la structure devraient être capables de résister au choc d'un iceberg pesant un million de tonnes les heurtant de front, la force horizontale agissant alors sur la structure ayant été estimée à 25 000 tonnes. Il faut prévoir au surplus un



POSSIBILITÉ 1



POSSIBILITÉ 2

HÉLIPORT SUR PLATE-FORME FIXE

figure 4

facteur de sécurité permettant de résister aux forces de renversement et de soulèvement.

8.3 Îles artificielles

Des îles artificielles de forme simple ont été largement utilisées comme plates-formes d'exploration dans la mer de Beaufort. Ce ne sont rien d'autre que des remblais en matériau granulaire dragué du fond, là où la mer n'a généralement pas plus de 13 à 15 m de profondeur. En eau plus profonde, on exécute généralement des plates-formes formées de caissons remplis de sable, ce qui réduit la quantité des matériaux de remblayage.

D'autres formes d'îles artificielles ont été envisagées, construites autour d'un noyau en béton et comportant un système de protection par câbles d'arrêt. Cette technique se raffine de plus en plus au point où l'on prévoit en aménager pour établir des ADACports, des ports artificiels, des réservoirs pour le stockage du pétrole brut et enfin des installations de production. Une autre forme d'île artificielle est offerte par les plates-formes gravitaires, à embase en béton, construites pour les besoins de l'exploitation des gisements en mer du Nord. Ces structures massives sont réalisées sur terre et ensuite remorquées jusqu'à l'emplacement permanent prévu, qui peut avoir jusqu'à 150 m de profondeur. Ces structures sont capables de résister à un environnement marin hostile pareil à celui qui sévit au large de la côte Est du Canada.

8.4 Héliport sur plate-forme gravitaire - Virgin Rocks

Le lieu-dit Virgin Rocks est formé de deux hauts-fonds, Prairie Shoal et South Shoal, et d'un banc rocheux appelé Main Ledge. Long de 15 km, il est situé à 200 km au sud-est de St.John's, Terre-Neuve et à 150 km au sud-ouest du champ pétrolifère Hibernia. Un plan étudié pour cet endroit propose une hélistation prenant appui sur une structure gravitaire ayant une embase reposant sur le banc rocheux, à une profondeur de 10 à 15 m. Quant aux deux hauts-fonds, ils serviraient de protection contre les gros icebergs qu'ils obligeraient à s'échouer, la structure étant capable de résister par elle-même aux forces de soulèvement et de renversement dues aux icebergs de moindre envergure. Le pont de l'hélistation d'un diamètre de 120 m serait réalisé en acier dans un chantier naval. La structure d'appui prendrait l'une des deux formes. La première serait faite d'une embase compartimentée de 20 m de diamètre, remorquée jusqu'au site et échouée sur un lit de pierres concassées mis en place d'avance sur le haut-fond. L'intérieur de la

colonne serait ensuite rempli de pierres concassées et de ciment et celle-ci serait imperméabilisée par un coulis empêchant l'érosion et les retraits.

La deuxième, de type semi-submersible, serait faite d'une plate-forme supportée par huit colonnes, elles-mêmes érigées sur une embase octogonale s'appuyant sur un lit de pierres concassées reposant sur le haut-fond. Une fois ancrée en place, cette structure serait lestée et un coulis serait mis en place pour réaliser un bon accrochage entre l'embase et le lit, et pour protéger les ancrages sous gaine.

8.5 Héliport sur plate-forme gravitaire en eau profonde

La structure envisagée pour les sites en eau profonde aurait 120 m de diamètre et comporterait une colonne et une embase, cette dernière enfoncée dans un remblai de sable à 80 m de profondeur, figure 4.

Une méthode de réalisation envisagée serait la suivante: on fabrique en cale sèche la dalle de fond de l'embase et une partie de ses parois. On remorque en flottaison l'embase partiellement achevée jusqu'à un support en mer et là on termine l'embase et on fabrique la colonne. Le pont réalisé ailleurs en deux parties serait transporté en flottaison jusqu'au site, chaque partie étant portée sur une des deux coques d'un catamaran, convenablement espacées. Il faudrait prévoir un franc-bord suffisant pour permettre aux deux parties du pont de passer au-dessus de l'embase en flottaison. Le catamaran serait alors ballasté pour amener le pont en contact avec l'embase et ensuite réaliser la jonction permanente des deux parties du pont.

L'embase compartimentée serait conçue pour pouvoir rester en flottaison une fois la mise en place du pont achevée. L'immersion de l'embase se ferait par ballastage. Une fois l'embase fermement en place sur le lit du fond, tous les compartiments en seraient remplis d'eau de manière à accroître la résistance au renversement et au soulèvement. C'est alors que le pont serait soulevé par des vérins jusqu'à sa position définitive et assujetti à la colonne. Enfin, le système de protection contre les icebergs serait mis en place et la construction du remblai achevée pour lui donner l'épaisseur voulue.

La structure pourrait être construite au Canada, utilisant des techniques classiques et les installations disponibles.

8.6 Héliport sur coque de navire TGTB

Cette technique consiste à convertir en héliport flottant un TGTB, déclaré en surplus.

Les travaux de transformation du TGTB en héliport se feraient en cale sèche, ainsi que l'aménagement des aires d'entretien et des installations de contrôle de la circulation aérienne, des systèmes de radionavigation et des aides à l'atterrissage, et aussi du système d'amarrage de type pivotant.

Ce type d'hélistation flottante aurait un taux de disponibilité par mauvais temps inférieur à un héliport fixe. Pour réduire l'effet des mouvements de la mer, le point de toucher des roues devrait coïncider avec la verticale passant par le centre de gravité de la coque. Advenant des états de mer très sévères ou devant la menace d'un iceberg, la coque pourrait être déconnectée et repositionnée en un autre endroit.

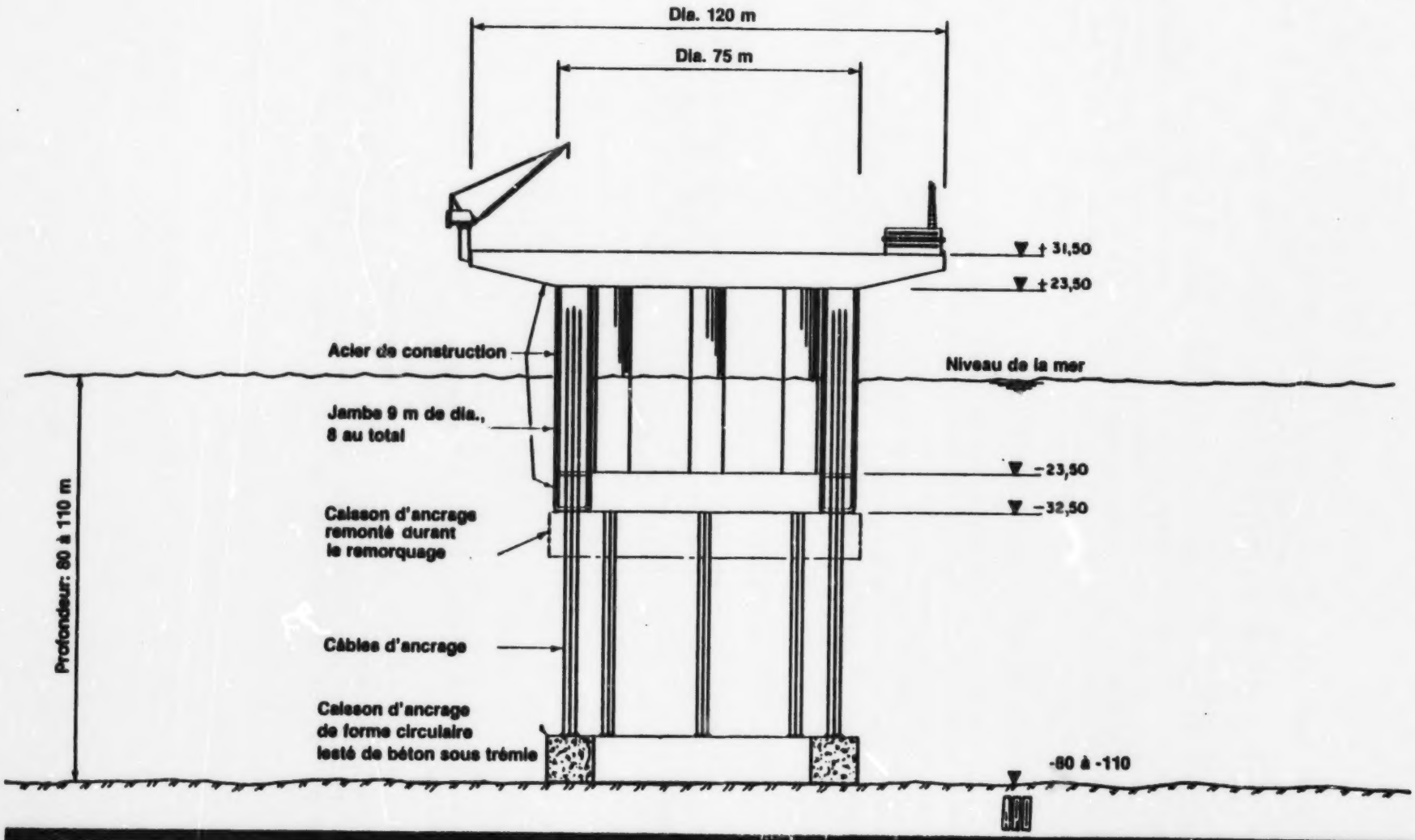
8.7 Plate-forme à câbles tendus

Cette technique a été envisagée pour permettre d'établir une base de comparaison des coûts avec les autres types de plates-formes.

Elle conviendrait par des profondeurs d'eau entre 80 et 110 mètres. La plate-forme de type semi-submersible serait réalisée en acier de construction. Elle comporterait un ponton de forme octogonale sur lequel s'appuieraient les huit jambes devant supporter le pont de 120 m de diamètre, figure 5.

Pour l'amarrage, on prévoit des câbles d'ancrage métalliques reliant les huit jambes à un caisson d'ancrage de type ouvert et réalisé en acier de construction. En l'absence d'un fond rocheux, ce caisson pourrait être remplacé par des piles s'enfonçant dans le fond de la mer. Les câbles d'ancrage seraient mis sous gaines remplies d'un agent anti-corrosion. Pour les besoins du remorquage en flottaison, ce caisson serait hissé à l'aide des câbles d'ancrage jusqu'à s'appuyer contre la partie inférieure du ponton.

La plate-forme étant arrivée à l'endroit prévu, le caisson est baissé jusqu'au fond et, là, il est ballasté par bétonnage sous trémie. La plate-forme est ballastée à son tour et le mou dans les câbles d'ancrage est repris. Enfin, elle est déballastée jusqu'à l'obtention de la tension



HÉLIPORT FLOTTANT À CÂBLES TENDUS

figure 5

voulue dans les câbles. Cette tension devrait être telle qu'elle permette de soustraire la plate-forme à l'action de la houle maximum de référence qui est de 36 mètres.

La plate-forme aurait des mouvements en pilonnement, tangage et roulis pratiquement nuls, seuls les mouvements horizontaux étant rendus possibles. L'absence de mouvements verticaux augmenterait le taux de disponibilité de l'héliport à la circulation aérienne. À l'instar des autres types de plates-formes, celle-ci devra être déconnectée et déplacée advenant la menace de glaces dérivantes.

8.8 Héliport semi-submersible

Une telle architecture est possible avec les règles de l'art actuelles. Ses caractéristiques techniques sont bien connues et sa transformation en héliport ne devrait comporter aucun problème particulier. Elle pourrait être conçue de manière à posséder une bonne réponse aux mouvements de la mer, avec l'avantage de coûter environ 15 p. 100 de moins qu'une plate-forme équivalente à câbles tendus.

8.9 Bilan comparatif des coûts

Le coût de premier établissement d'une île artificielle est tributaire des conditions d'implantation et de la quantité des matériaux de remblayage disponibles. En eau profonde, ce coût serait probablement supérieur à celui d'une structure gravitaire, mais en eau peu profonde et pourvu que les matériaux de remblayage ne manquent pas, il pourrait être moindre. Il est admis au départ que les îles artificielles construites en eau profonde et de quelque type que ce soit, y compris les structures gravitaires, coûteraient dans les 590 millions de dollars. Parce qu'elle est prévue pour une faible profondeur d'eau, la plate-forme gravitaire à Virgin Rocks ne coûterait que 95 millions de dollars.

Le tableau 9 donne le coût de premier établissement ainsi que les coûts d'exploitation annuels de divers types d'installations envisagés, en supposant un taux d'intérêt de 12 p. 100 et une période de récupération de 15 ans.

Tableau 9
Coûts de premier établissement et coûts annuels d'exploitation
Héliports en mer - En millions de $ can. de 1983

POSTE	ÎLE ARTIFICIELLE	VIRGIN ROCKS	COQUE TGTB	PLATE-FORME À CÂBLES TENDUS	PLATE-FORME SEMI-SUBMERSIBLE
A. Coût de premier établissement	560	95	41	116	100
B. Valeur de récupération par an et intérêts	81,8	13,9	6,0	16,9	14,6
C. Salaires	3,8	3,8	6,6	4,4	4,4
D. Carburants	0,5	0,5	3,2	1,0	1,0
E. Entretien	8,4	1,4	0,6	1,7	1,5
F. Assurances	2,8	0,5	0,2	0,6	0,5
G. Électronique aéronautique	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
TOTAL	98,5	21,3	17,8	25,8	23,2

8.10 Techniques d'exploitation

Deux techniques d'exploitation du réseau de liaison par hélicoptère ont été dégagées et comparées au mode d'exploitation figuré par l'option de référence. Ces deux techniques sont:

Technique A - L'héliport est placé au centroïde, ou centre de gravité, des opérations de forage en mer, constituant un point de chute commun où le personnel serait pris en charge par des hélicoptères de rabattement faisant la navette entre ce point de chute et les diverses plates-formes.

Technique B - Les héliports seraient conçus pour satisfaire aux normes futures de Transports Canada concernant les aérodromes de dégagement IFR; ils pourraient

alors servir d'escale aux hélicoptères de service faisant la liaison directe entre la terre ferme et les plates-formes en mer.

8.11 Évaluation

L'aspect le plus intéressant de la technique A est la réduction des coûts d'exploitation grâce à une utilisation plus efficace des hélicoptères desservant le point de chute commun.

Un autre aspect profitable est la fiabilité accrue attribuable à l'utilisation de la radionavigation et des aides à l'atterrissage, ainsi qu'à la réduction dans les minimums admissibles en raison de l'absence de superstructures sur le pont. Mais, par contre, cette technique des coûts plus élevés entraîne des retards attribuables au service de rabattement vers les plates-formes.

Dans le cas du champ pétrolifère Hibernia, le coût unitaire des déplacements par la technique A reviendrait à 1 275 $ environ, surtout en raison du coût élevé de premier établissement. Le coût correspondant dans le cas de l'option de référence est estimé entre 367 $ et 439 $. Or, il en coûterait encore plus dans le cas des deux autres secteurs d'exploration visés, en raison des distances à franchir plus courtes en première étape.

On constate que les coûts estimatifs sont très sensibles au coût de premier établissement. En effet, s'il était possible de convertir un navire en héliport semi-submersible au prix de 10 millions de dollars, par exemple, le coût unitaire tomberait à 869 $ pour un trafic de 25 000 déplacements/an et à 350 $ pour 300 000 déplacements/an. Quant aux niveaux de trafic déterminant le point d'équilibre des coûts, ils s'établiraient entre 125 000 et 270 000 par an, dans le cas du champ pétrolifère Hibernia. Mais, pour que la technique puisse se révéler rentable, il faudrait que la lenteur du transfert des passagers d'une étape à l'autre soit compensée par un rattrapage important dans les retards dus au mauvais temps.

La technique B part de l'hypothèse que des héliports en mer pourraient être construits et équipés de manière à pouvoir être désignés aérodromes de dégagement IFR par Transports Canada. Or, les normes pertinentes n'ont pas encore été élaborées. N'empêche qu'il est possible d'en envisager la réalisation, aux coûts de premier établissement indiqués au tableau 9.

Le principal avantage de la technique B est que la présence d'un aérodrome de dégagement IFR en mer permettrait une utilisation plus efficace de certains types d'hélicoptères à rayon d'action court mais qui reviennent moins chers à l'exploitation. L'étude de sensibilité a montré que, dans le cas d'un hélicoptère ayant un rayon d'action de 300 milles marins, un héliport répondant à la norme IFR et convenablement situé permettrait de réduire le coût d'exploitation par environ 35 p. 100, ce qui ferait tomber le coût unitaire des déplacements de 140 $ environ.

Les niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre ont été estimés, comme l'indique le tableau 10, selon le type d'héliport envisagé.

Tableau 10
Niveaux de trafic déterminant le point d'équilibre
Héliports de dégagement IFR

TYPE D'HÉLIPORT	NIVEAU APPROXIMATIF DU TRAFIC DÉTERMINANT LE POINT D'ÉQUILIBRE, EN MILLIERS DE DÉPLACEMENTS/AN
Île artificielle	703
Virgin Rocks	152
Héliport sur coque de navire	127
Plate-forme à câbles tendus	184
Semi-submersible (nouveau)	140
Semi-submersible (converti)	72

On constate que le trafic minimum nécessaire pourrait tomber à 72 000 déplacements/an s'il était possible de réaliser la conversion d'un navire en héliport semi-submersible au coût déjà indiqué de 10 millions de dollars.

9. TECHNIQUES DE TRANSPORT UTILISANT DES ADACPORTS FLOTTANTS

9.1 Techniques envisagées

Les trois techniques envisagées sont:

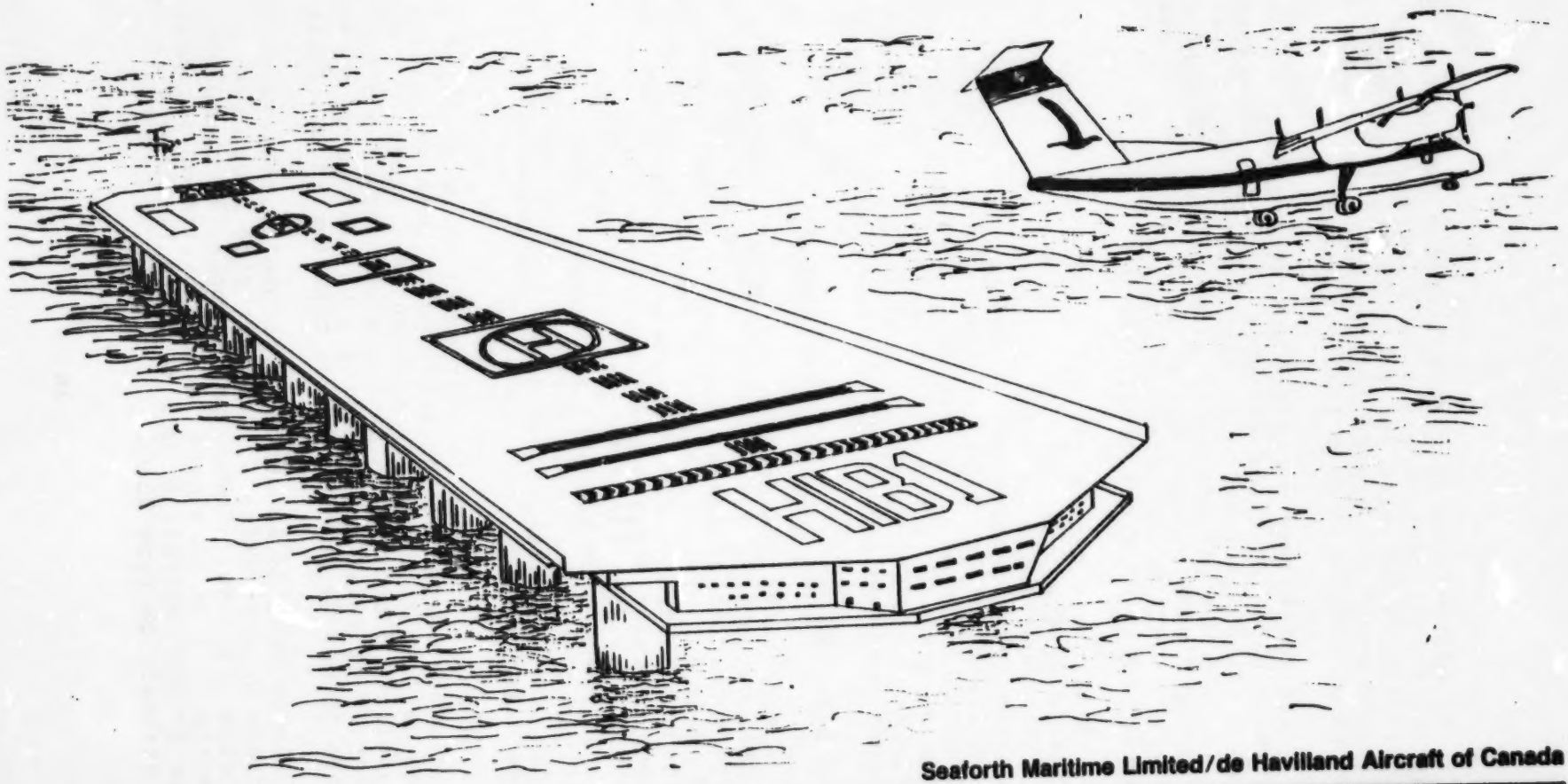
- l'ADACport semi-submersible étudié par la Seaforth Maritime de concert avec de Havilland du Canada;
- la barge de type spécial dite "accordée" étudiée par cette même compagnie et aménagée pour le stockage du brut;
- la conversion de la coque d'un TGTB, étudiée par Albery, Pullerits, Dickson et associés, et pouvant être aménagée pour le stockage du brut.

9.2 ADACport semi-submersible

L'utilité d'une piste d'atterrissage flottante, ouverte par tous les temps et utilisable par les avions à voilure fixe loin de la terre ferme est bien connue des milieux militaires. Mais jamais aucun porte-avion n'a été capable de supporter une piste longue de 602 m et large de 90 m. En plus des opérations aériennes, la plate-forme doit être aménagée pour fournir les services connexes nécessaires: hangars, stationnement, entretien, avitaillement, quartiers d'habitation, équipements de secours, soins médicaux et entreposage. En outre, il faut prévoir des appareils pour la manutention des fournitures de toutes sortes, les carburants, par exemple, à partir des navires ravitailleurs.

Cette plate-forme flottante, figure 6, pourra pivoter librement grâce à la tourelle d'amarrage dont elle est équipée. La plupart du temps, elle pourra faire cap au vent, ce qui représente la meilleure orientation aéronautique. Parfois, cependant, l'état de mer donnera à la plate-forme une orientation toute autre. La technique du positionnement dynamique pourra atténuer cet état de choses en donnant à la plate-forme une orientation intermédiaire.

Une plate-forme automotrice pourra se déplacer de manière à raccourcir les distances à couvrir. Sous la menace des glaces dérivantes, elle pourra à tout moment lever l'ancre et se tenir prête à quitter le secteur menacé. Dans le cas contraire, un bateau de servitude sera nécessaire.



Seaforth Maritime Limited/de Haviland Aircraft of Canada

ADACPORT SEMI-SUBMERSIBLE

figure 6

La plate-forme réagira à l'action des vagues, par des déplacements directionnels ou angulaires, à vitesses ou accélérations définies par sa configuration propre qui risque d'avoir une grande influence sur la manoeuvre des avions au décollage et à l'atterrissage.

Les paramètres de référence concernant les états de mer extrêmes dans les trois secteurs géographiques visés font état d'une hauteur de houle significative de 18 m et extrême de 36 m, d'une période supérieure à 20 secondes et d'une longueur d'onde pouvant égaler la longueur de la plate-forme. La structure et son système d'amarrage devront pouvoir résister à ces conditions.

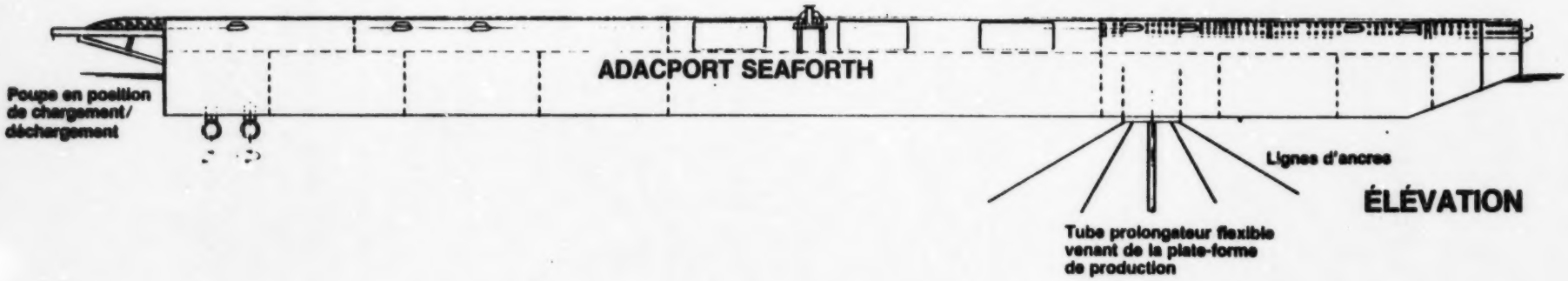
Les autres grands dangers à considérer sont ceux des glaces dérivantes et des glaces de mer. Un ADACport flottant pourrait à la rigueur être capable de résister à l'assaut des glaces de mer et des petits icebergs, mais le point faible de la structure resterait le système d'amarrage. La solution est donc que, sous la menace de ces types de glaces, la plate-forme soit déconnectée et déplacée, tout en restant la plupart du temps à portée des plates-formes de forage et de production.

9.3 Barge "accordée" Seaforth Maritime

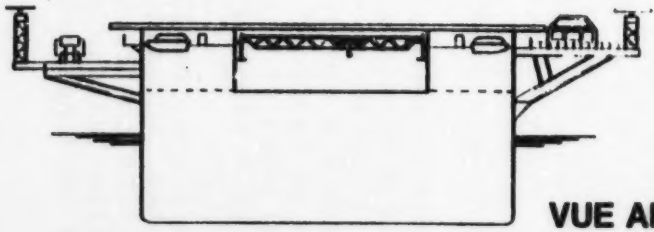
Cette technique étudiée par Seaforth Maritime considère un ADACport établi sur une barge dotée des caractéristiques hydrodynamiques spéciales définies en fonction des exigences des ADACs à l'atterrissage et au décollage. Des études de conception assistée par ordinateur ont montré que, par un dimensionnement soigneusement étudié, la barge pourrait avoir ces caractéristiques qui la compareraient favorablement à un ADACport semi-submersible. La configuration d'une telle barge est illustrée à la figure 7 tandis que le tableau 11 en donne les principales caractéristiques.

Diverses méthodes de chargement et de stockage du pétrole brut dans des installations flottantes situées au large de la côte Est du Canada sont à l'étude, y compris la possibilité d'amarrer un navire d'une capacité d'un million de barils et relié par pipeline à un maximum de quatre plates-formes de production, de type semi-submersible.

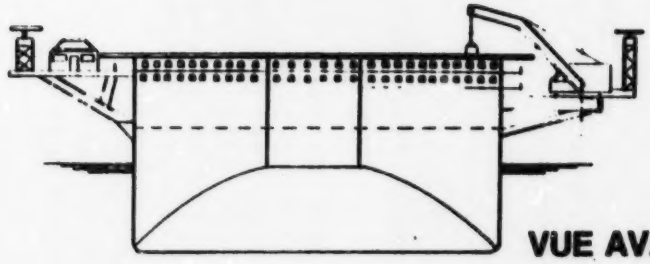
La méthode de la barge "accordée", aménagée pour le stockage du brut extrait, pourrait être tout aussi utile, à certains endroits. Comme, par exemple, le champ pétrolifère Hibernia où l'on considère la possibilité du stockage sur place du brut extrait et qui se prête le mieux à la desserte par aéronefs de type ADAC.



ÉLÉVATION



VUE ARRIÈRE



VUE AVANT

AND SEAFORTH MARITIME LIMITED

ADACPORT SUR BARGE ACCORDÉE

figure 7

Tableau 11
Caractéristiques de la barge "accordée"

Barge	Longueur	570 m
	Largeur	76 m
	Creux	41 m
	Tirant d'eau	18 m
Pont (niveau supérieur)	Longueur	602 m
	Largeur	90 m
- Contenance des 16 réservoirs de brut		380 000 m^3
- Position des réservoirs: au milieu de la barge		
- Position des hangars: au milieu ou à l'arrière		
- Ballasts: séparés les uns des autres		
- Système anti-explosion à gaz inerte		
- Hôpital de 30 lits, équipé d'une salle d'opération		
- Salle d'ordinateur		
- Installations météorologiques		
- Quartiers d'habitation		320 personnes maximum
- Équipement de secours et de sauvetage		
- Filets d'arrêt escamotables		

L'utilisation de navires comme supports de forage et de stockage a fait appel à des systèmes spéciaux d'amarrage et de branchement aux puits. Parmi les techniques mises en oeuvre, on compte la tourelle d'amarrage et l'amarrage sur bouée unique. Dans la première technique, la tourelle comporte un puits central, «moonpool», où aboutit le tube prolongateur ou «riser». Dans la deuxième technique, le tube prolongateur traverse une tige unique reliée à une embase reposant sur le fond de la mer par un joint de cardan. À son autre extrémité, la tige entre dans la proue du navire par un étrier à joint de cardan et pivot qui permet au navire de s'orienter librement.

Lorsque sur un même support on combine des opérations aériennes et le stockage de pétrole brut, les risques d'incendie et d'explosion deviennent très réels. Une méthode pour réduire ces risques est de placer le brut dans des réservoirs au centre du support, protégés de tous côtés par les ballasts qui contiennent l'eau de lestage, l'endroit le plus vulnérable étant bien sûr le plafond des réservoirs courant sous le pont. Un autre avantage de cette méthode est que les ballasts forment une double paroi minimisant les risques de fuites, advenant une collision, par exemple. Pour la protection contre les risques d'explosion, on prévoit d'utiliser un gaz inerte, comme cela se fait actuellement à bord des pétroliers.

Une barge est plus aisée à réaliser avec les méthodes de construction classiques que la plate-forme semi-submersible et elle revient donc moins cher.

9.4 Barge obtenue par assemblage de coques de TGTB

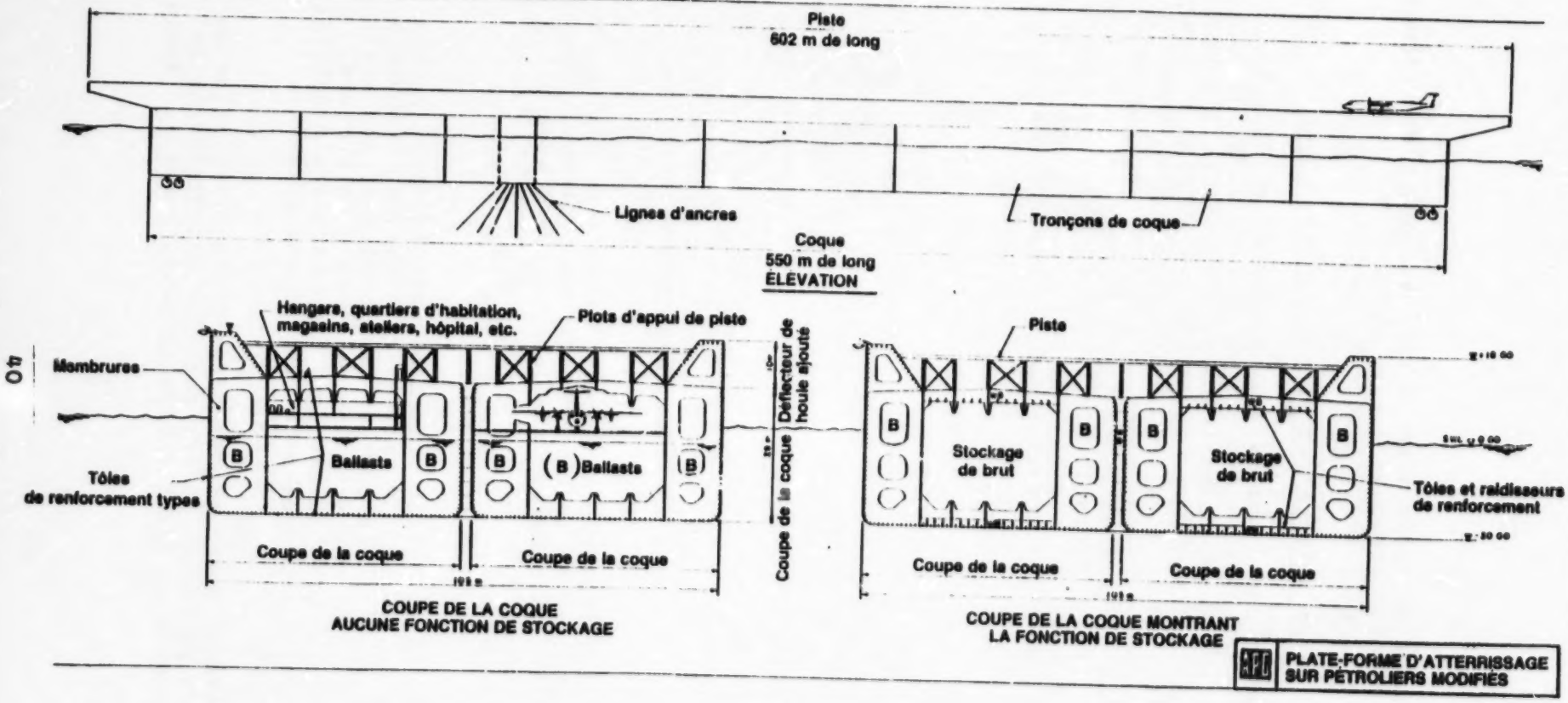
L'étude a porté sur la possibilité de transformer, rassembler et renforcer les coques de cinq TGTB, de manière à réaliser une barge formant ADACport flottant, figure 8. On trouve actuellement sur le marché des TGTB en surplus à un prix situé entre 4 et 14 millions de $ CAN. Comme la quantité de coques ainsi mises au rebut par an correspond à une capacité de port en lourd total de quelque 15 millions de tonnes, il est probable que ce marché existera encore au début des années 90. Ce qui est moins sûr, c'est de trouver cinq coques dont les caractéristiques dimensionnelles et structurelles se rejoignent à un degré suffisant pour autoriser leur assemblage. Les chances de tomber pile risquent de s'amenuiser à mesure que baisse le stock d'invendus.

La technique envisagée ici est de construire une piste de 602 m de long par 90 m de large sur la partie supérieure d'un support ayant 550 m de long par 105 m de large, ce support étant réalisé par l'assemblage de cinq coques de TGTB découpées en tronçons à abouter et juxtaposer de la manière voulue. On obtient ainsi un support ayant deux fois la longueur des coques d'origine, renforcé par des tôles d'acier placées au fond, sur les côtés et sur le pont, de manière à faire tomber les niveaux de contrainte au-dessous des valeurs retenues à l'égard des coques d'origine. Ce support serait équipé d'une tourelle d'amarrage.

La piste réalisée en tôles d'acier sera placée sur des plots d'appui et sa surface recevra un traitement destiné à en augmenter les qualités adhérentes. Un dispositif d'arrêt est prévu du côté de la proue, prêt à intervenir sans délai. C'est là un équipement commun à tous les ADACports flottants étudiés.

Cette barge serait convenablement équipée, y compris les aides de navigation radioélectriques, et disposerait d'ascenseurs entre le pont et les hangars et les ateliers d'entretien aménagés dans les cales de la structure. C'est là aussi qu'on prévoit aménager les quartiers d'habitation, l'hôpital, les réservoirs de brut et les autres installations.

Un examen sommaire des actes d'immatriculation de pétroliers montre qu'il est possible d'y découvrir un certain nombre de navires plus ou moins jumeaux. Seule une



ADACPORT SUR BARGE TGTB

figure 8

enquête permettrait de déterminer si ces navires ont été déclarés en surplus. Les travaux de transformation pourraient se faire en cale sèche, sorte d'installation provisoire construite au Canada dans le but de mettre à nu les coques achetées, de les renforcer et de mettre en place les systèmes de propulsion et de positionnement dynamique. Le parachèvement des travaux: construction de la piste, transformation des circuits et des tuyauteries, la mise en place des hangars, etc., se ferait à quai.

Une barge faite de coques de TGTB se prête très bien au stockage du brut étant donné que les aménagements nécessaires: réservoirs, tuyauterie et circuits d'eau et de pétrole, font déjà partie des coques d'origine. Afin d'augmenter la résistance à la flexion dans la partie du milieu, un tôlage et des cornières de renfort devront être ajoutés; ils pourront être construits de manière à réaliser des ballasts latéraux qui formeront une ceinture de protection autour des réservoirs de brut situés justement dans cette partie-là de la barge. De cette façon, la pression hydrostatique exercée par l'eau de ballast empêchera les fuites éventuelles de brut.

La capacité de stockage dans la partie centrale longue de 150 m serait de 223 000 m^3 de brut, soit 1 750 000 barils. La configuration envisagée permettra d'avoir, dans les ballasts latéraux, une quantité d'eau suffisante pour assurer le ballastage, dispensant ainsi d'avoir à effectuer la séparation de l'eau et du brut par des membranes souples ou par des moyens mécaniques.

Il sera possible aussi d'utiliser les ballasts latéraux intérieurs comme réservoirs de brut. Dans ce cas, la capacité augmentera de 82 000 m^3 pour atteindre 303 000 m^3, soit 2 400 000 barils. Il faudra cependant remplacer par de l'eau de ballast le brut au fur et à mesure que celui-ci est déchargé des ballasts latéraux. Ou bien les ballasts latéraux pourront servir exclusivement de réservoirs de brut, auquel cas il faudra prévoir de renforcer la structure à ces endroits-là. Enfin, la capacité de stockage maximale pourra être atteinte en augmentant la longueur des réservoirs de brut. Mais alors il faudra prolonger les ballasts d'eau entourant ces réservoirs, ce qui ajoutera aux coûts de construction. La capacité de stockage maximale de 450 000 m^3 de brut, soit 3 500 000 barils, sera alors atteinte.

9.5 Caractéristiques hydrodynamiques

Les deux techniques faisant appel à des barges présentent des caractéristiques hydrodynamiques comparables, celles de la barge «accordée» étant légèrement supérieures. Le tableau 12 montre les caractéristiques types qui peuvent être obtenues dans les deux cas.

Tableau 12
Amplitudes types de la réponse des barges

HAUTEUR DE VAGUE (m)	CAVA-LEMENT (m)	OSCIL-LATION (m)	PILON-NEMENT (m)	ROULIS (°)	TANGAGE (°)	LACET (°)
Cap 180°						
3	0,019	0,001	0,046	0,000	0,007	0,000
6	0,103	0,004	0,359	0,001	0,060	0,001
9	0,253	0,008	0,982	0,002	0,164	0,001
12	0,467	0,016	1,980	0,003	0,338	0,003
15	0,681	0,026	3,123	0,004	0,544	0,004
Cap 157°30'						
3	0,020	0,047	0,048	0,022	0,007	0,006
6	0,104	0,193	0,411	0,053	0,068	0,027
9	0,240	0,409	1,080	0,086	0,179	0,061
12	0,426	0,817	2,226	0,129	0,381	0,132
15	0,601	1,308	3,545	0,182	0,619	0,218

Un des paramètres à considérer est la composante verticale de la vitesse imprimée à la piste au droit de la zone de toucher des roues. Le tableau 13 donne les composantes verticales types des vitesses imprimées à la piste, en fonction des états de mer considérés. Notons que la composante de vitesse verticale critique calculée pour tenir compte de la résistance de l'atterrisseur principal du Dash-7 est celle qui est causée par un état de mer correspondant à une hauteur de vague de 12 m.

Tableau 13
Composante verticale des vitesses imprimées à la piste au droit de la zone de toucher des roues

HAUTEUR DE VAGUE (m)	PÉRIODE (s)	COMPOSANTE VERTICALE DE LA VITESSE IMPRIMÉE À LA PISTE (en m/s)	
		CAP	
		180°	157°30'
3	6,0	0,065	0,074
6	8,0	0,443	0,510
9	9,5	1,024	1,131
12	11,0	1,812	2,054
15	12,0	2,657	3,020

Le taux de disponibilité des barges à l'atterrissage, dans des états de mer correspondant à des hauteurs significatives des vagues de 10 et de 11 m, se situe entre 98 et 100 p. 100. Le tableau 14 donne les taux de disponibilité par mois à l'égard des trois secteurs géographiques visés. À remarquer que ce taux est légèrement plus faible dans le cas de la barge ADACport obtenue par assemblage de coques de TGTB.

Tableau 14
Taux de disponibilité des barges à l'atterrissage dans des états de mer correspondant à des vagues de 10 et 11 m de hauteur significative

MOIS	PLATE-FORME DE TERRE-NEUVE	MER DU LABRADOR	PLATE-FORME SCOTIAN
Janvier	99%	99%	98%
Février	99%	100%	99%
Mars	99%	97%	98%
Avril	100%	100%	100%
Mai	100%	100%	100%
Juin	100%	100%	100%
Juillet	100%	100%	100%
Août	100%	100%	100%
Septembre	100%	100%	99%
Octobre	100%	99%	100%
Novembre	100%	100%	100%
Décembre	100%	98%	99%

Il semblerait que les conditions de vol, plutôt que l'état de mer proprement dit, soient le facteur le plus limitatif en ce qui concerne la disponibilité de ces installations.

9.6 Évaluation des divers types d'ADACports

9.6.1 Définitions

Le critère d'évaluation des divers ADACports envisagés a été le coût, c'est-à-dire le coût de premier établissement et le coût d'exploitation, calculé en dollars canadiens constants de 1983. Ce coût a été établi en prenant en compte un trafic passagers entre 25 000 et 300 000 déplacements par an. La comparaison portait sur:

1. l'option de référence, c'est-à-dire la liaison directe par hélicoptère entre la terre ferme et les plates-formes au large, et

2. les ADACports flottants servant de points de chute pour les Dash-7 venant de la terre ferme et pour les hélicoptères ou les navires de rabattement venant des plates-formes desservies. Les ADACports évalués ont été:

   - l'ADACport semi-submersible étudié par Seaforth Maritime;
   - la barge "accordée" avec fonction stockage, également de Seaforth Maritime;
   - la barge formée par l'assemblage de coques de TGTB;
   - la même barge mais avec fonction de stockage.

La comparaison des coûts a été faite sur deux bases distinctes.

a) Coût brut du système sans tenir compte des bénéfices provenant du stockage de brut;

b) Coût net du système avec prise en compte pleine et entière de ces bénéfices.

9.6.2 Charges annuelles fixes et variables

Ces charges sont reprises par le tableau 15 sous les rubriques suivantes:

- Amortissement: capital plus intérêt, à raison de 12 p. 100 d'intérêt par an sur 15 ans,
- Frais généraux fixes,
- Coût du carburant,
- Salaires et hébergement,
- Aides électroniques à la navigation.

Tableau 15
Charges annuelles fixes et variables - Systèmes d'ADACports

Poste	ADACport semi-submersible	Barge "accordée"	Barge TGTB	Barge TGTB avec fonction stockage de 1 750 000 barils	Barge TGTB avec fonction stockage de 3 500 000 barils
Coût du premier établissement	472	374	250	262	278
Amortissement	68,9	54,8	36,5	38,2	40,6
Salaires	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
Carburants	7,9	3,2	3,2	3,2	3,2
Entretien	6,1	5,6	3,7	3,9	4,1
Assurances	2,0	1,9	1,3	1,3	1,4
Aides électroniques à la navigation	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
TOTAL	93,2	73,8	53,0	54,9	57,6

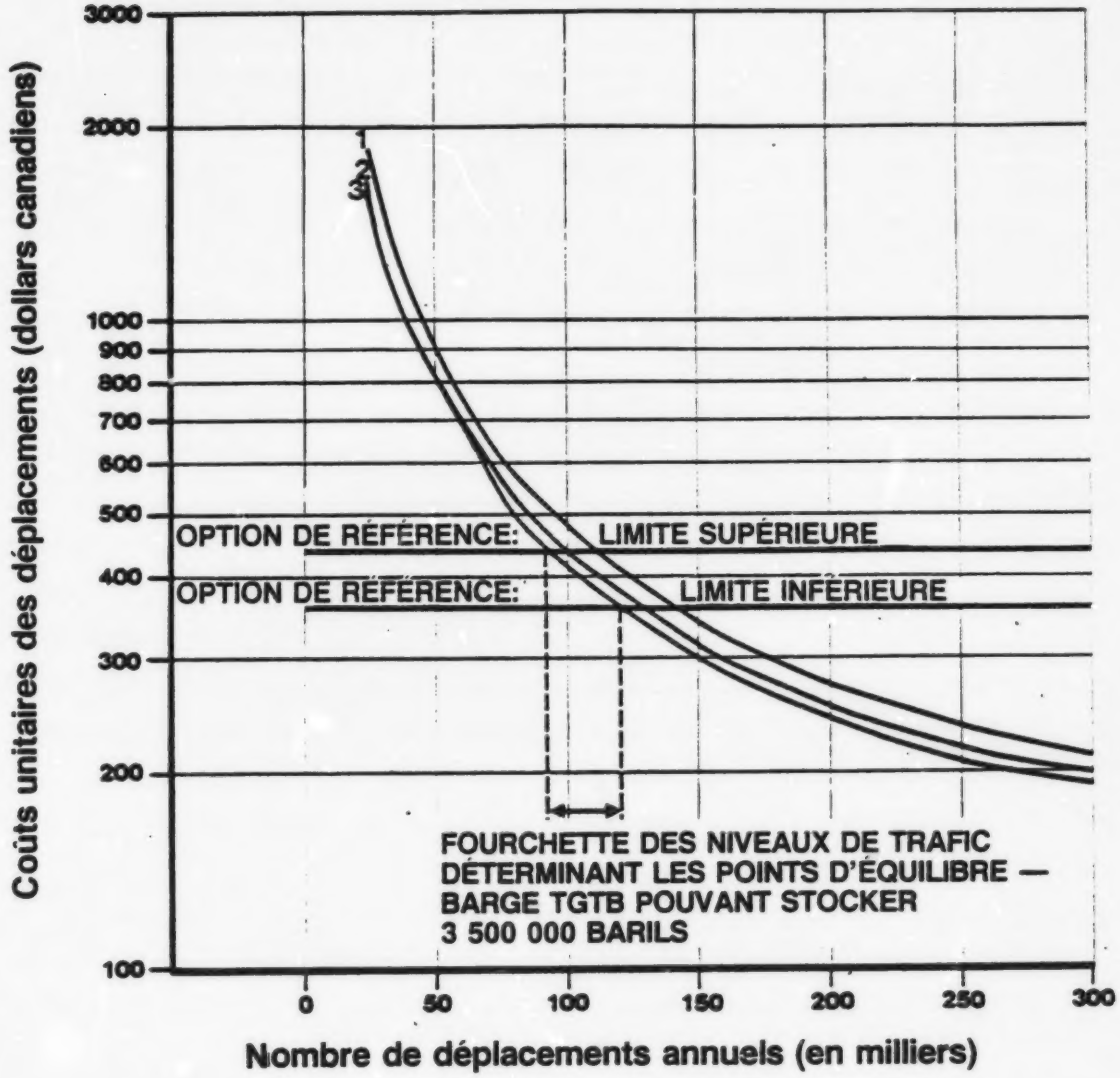
Le coût de premier établissement de l'ADACport semi-submersible se fonde sur une étude de coût établie en 1981 par le Norwegian Ship Institute. Cette étude faisait état d'un coût entre 200 et 414 millions de dollars canadiens au taux de change actuel. Le montant de 414 millions a par la suite été porté à 472 millions de dollars de 1983 pour tenir compte de l'inflation. Ce dernier montant a été finalement retenu parce qu'il reflète ce qui semble être une marge adéquate par rapport au coût des ADACports sur barge. Quant au coût de premier établissement des autres systèmes, il a été établi séparément dans le cadre de la présente étude.

9.6.3 Niveaux de trafic déterminant le point d'équilibre des coûts bruts

Le point d'équilibre a été défini comme étant le niveau du trafic annuel où le coût unitaire des déplacements serait égal au coût unitaire estimatif de l'option de référence. La figure 9 montre ces points d'équilibre concernant le champ pétrolifère Hibernia, dans l'hypothèse où aucun revenu n'est tiré du stockage de brut. Le tableau 16 montre les points d'équilibre concernant les trois secteurs géographiques visés, pour les deux hypothèses de coûts dans l'option de référence.

9.6.4 Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts nets, fonction de stockage prise en compte

L'évaluation des trois types d'ADACports ayant une capacité de stockage de brut de 1 750 000, 3 500 000 et 4 300 000 barils, respectivement, a été faite par rapport aux coûts nets, dans le cas du champ pétrolifère Hibernia, seulement. Le coût net est le résultat obtenu en défalquant des coûts bruts annuels les revenus estimatifs procurés par le stockage des quantités de brut indiquées, à raison de 9,30 $ par baril en stock et par an. Les résultats financiers nets apparaissent à la figure 9, tandis que le tableau 17 montre les niveaux de trafic déterminants, selon la définition donnée plus haut.



1. ADACPORT SUR BARGE TGTB: capacité 1 750 000 barils
2. ADACPORT SUR BARGE SEAFORTH MARITIME: capacité 4 300 000 barils
3. ADACPORT SUR BARGE TGTB: capacité 3 500 000 barils

IBI Group

RÉSULTATS FINANCIERS NETS DES BARGES TGTB AVEC FONCTION DE STOCKAGE

figure 9

Tableau 16
Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts bruts - ADACports flottants

Secteur visé	Base de départ	Barbe TGTB* sans fonction stockage		ADACport sur barge Seaforth		ADACport semi-submersible	
		Limite supér.	Limite infér.	Limite supér.	Limite infér.	Limite supér.	Limite infér.
Hibernia	St. John's	160 000	210 000	205 000	260 000	260 000	325 000
Plate-forme Scotian	Halifax	205 000	260 000	300 000	**	**	**
	Halifax-Sydney	180 000	255 000	245 000	**	325 000	**
	Halifax-Sydney-Yarmouth	145 000	170 000	125 000	255 000	260 000	325 000
Mer du Labrador	Hopedale	**	**	**	**	**	**
	Cartwright	270 000	**	**	**	**	**

* L'option de la barge TGTB avec fonction stockage montre un point d'équilibre situé à environ 30 000 déplacements annuels de moins.

** Les points d'équilibre débordent la limite supérieure de trafic fixée dans le cadre de cette étude.

Tableau 17
Niveaux de trafic déterminant les points d'équilibre des coûts nets en fonction des quantités de brut stockables

	POINT D'ÉQUILIBRE (NOMBRE DE DÉPLACEMENTS ANNUELS)		
	Barge TGTB 1 1750 000 barils	Barge TGTB 3 500 000 barils	Barge accordée Seaforth 4 300 000 barils
Option de référence Limite supérieure	110 000	90 000	97 000
Option de référence Limite inférieure	137 000	120 000	125 000

10. PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

10.1 Aéronefs à voilure tournante

À lui seul, le trafic prévu pour le réseau de liaison directe par hélicoptère avec les installations au large de la côte Est ne semble pas devoir justifier le développement d'une technologie neuve en matière d'hélicoptères au Canada. À vrai dire, étant donné les dépenses élevées à consentir pour des améliorations somme toute limitées, il semble que la mise au point d'appareils de technologie nouvelle ne pourra avoir lieu aux États-Unis et en Europe qu'en fonction des besoins militaires. Aucun des matériels avancés qui ont été envisagés dans la présente étude ne semble permettre des modifications opérationnelles profondes ou autoriser un redressement économique important par rapport à ce qui est obtenu actuellement avec les aéronefs existants, du moins dans le délai imparti. En revanche, il est possible de rehausser considérablement les degrés de fiabilité et de sécurité des opérations par hélicoptère, par la mise au point de systèmes conçus expressément dans ce but et touchant le domaine de la lutte contre le givrage, des communications air-sol, des aides à l'atterrissage et de la radionavigation. Par une pénétration vigoureuse dans ces secteurs, l'industrie canadienne qui est déjà bien placée pourra certainement voir sa part du marché augmenter.

10.2 Héliports flottants

L'étude n'a pu, non plus, trouver une justification économique aux techniques d'héliports flottants qu'elle a envisagées. Le transport en deux étapes, c'est-à-dire l'utilisation successive de gros hélicoptères et d'hélicoptères de rabattement plus petits, n'est pas profitable étant donné que les économies réalisables sur la première et plus longue étape se trouvent annulées par les coûts élevés de premier établissement et d'exploitation des héliports flottants, auxquels viendront s'ajouter ceux du service de rabattement nécessaire. Enfin, il y a le coût financier du temps perdu lors du transfert des passagers d'une étape à l'autre.

Bien que cela soit en dehors du mandat défini pour cette étude, la possibilité peut être envisagée d'utiliser les héliports flottants comme bases avancées pouvant assurer des services tant normaux que d'urgence. C'est là un concept prometteur à creuser.

10.3 ADACports flottants

Les techniques faisant appel à des ADACports flottants ayant aussi une fonction de stockage de brut seraient justifiables économiquement, mais seulement pour le champ pétrolifère Hibernia et à condition que se vérifient les prévisions de trafic correspondant à la limite supérieure de la fourchette, sans oublier, bien sûr, un prix adéquat pour le stockage du brut. Il est possible techniquement de réaliser des ADACports flottants capables d'accueillir un avion aussi fiable que le Dash-7.

Quant aux cales sèches et aux autres installations que nécessitera la construction de ces ADACports flottants, il n'en existe aucune au Canada. Il faudra donc se lancer dans la construction d'une cale sèche provisoire dont les coûts directs et indirects majoreront la facture globale de quelque 20 p. 100 dans le cas de la barge TGTB. Ce surcoût serait par ailleurs proportionnellement plus élevé dans le cas d'ADACports plus évolués. La réalisation de l'ADACport sur barge "accordée", étudié par Seaforth Maritime est, elle aussi, possible au Canada, mais seulement en modules devant être assemblés sur place.

L'option de l'ADACport flottant est recommandée à l'attention des secteurs public et privé du fait qu'elle ouvrirait la voie à de substantielles économies d'exploitation, ne serait-ce que par l'accroissement dans le degré de fiabilité, de sécurité et de confort dans les liaisons aériennes avec les installations de forage en mer. En filigrane, on perçoit nettement les avantages qui en découleraient pour le Canada, qui fabrique déjà le Dash-7 envisagé comme l'appareil clé de la mise en valeur future des richesses naturelles sous-marines du pays.

10.4 Systèmes d'atterrissage

De prime abord, des atterrissages de catégorie III sur des ADACports et des héliports flottants sont techniquement faisables. Mais la quantité des données météorologiques mises à la disposition des auteurs de l'étude ne leur a pas permis de procéder à une évaluation serrée des taux de disponibilité. Étant donné qu'au champ pétrolifère Hibernia sont applicables les minimums d'atterrissage de catégorie II, il s'ensuit que les liaisons aériennes risquent d'être interrompues 13 p. 100 du temps, annuellement. Or, le Dash-7 n'est pas équipé du système de pilotage automatique qui autoriserait des atterrissages de catégorie III, c'est-à-dire dans des conditions de visibilité nulle. La question mérite toutefois d'être approfondie étant donné les avantages qui pourraient

découler du maintien des liaisons aériennes malgré le mauvais temps. Mais avant de lancer cette étude, il y a lieu de s'assurer que les milieux pétroliers sont effectivement favorables à l'idée de construire des ADACports flottants.

Des études sont menées en vue de rendre les hélicoptères aptes aux atterrissages de catégorie III, mais cela ne semble pas devoir s'appliquer aux atterrissages sur plates-formes flottantes étant donné la présence de superstructures placées dans la trajectoire d'approche des appareils.

10.5 Transport par eau

Il est possible de substituer au service de rabattement par hélicoptère un service de transport par eau utilisant des navires semi-submersibles type catamaran. Une comparaison de cette technique avec celle des liaisons par hélicoptère montre que le niveau de trafic à partir duquel le transport par eau devient intéressant s'établit à 100 000 déplacements/an, si on omet le coût des retards dus au mauvais temps.

Bien que l'étude des problèmes du transport par eau soit en dehors du mandat défini, il semblerait que les navires semi-submersibles se comportent beaucoup mieux que les navires classiques lorsque la mer est grosse. Ils ont une tenue en pilonnement et en cavalement qui les rapproche des plates-formes semi-submersibles et qui facilite le transport de passagers lorsque l'état de mer est défavorable. Par contre, il reste à vérifier l'effet de l'accumulation de givre sur leurs qualités évolutives, dans l'environnement particulier du littoral Est. Encore une fois, la production au Canada des éléments entrant dans la construction de ce type de navires est une perspective intéressante.

10.6 Aérodromes et héliports

L'implantation d'un héliport à Virgin Rocks ne semble pas pouvoir se justifier économiquement. À moins que cela ne se fasse dans le cadre de travaux de mise en valeur plus ambitieux et que l'héliport puisse être désigné aérodrome de dégagement IFR, par exemple.

L'installation d'un ADACport sur l'île de Sable pourrait être profitable pour l'aviation et pour la mise en valeur des richesses naturelles. Dans le cas du champ pétrolifère Venture, ce serait là une solution rentable dont la faisabilité technico-économique et l'impact sur l'environnement mériteraient d'être étudiés.

10.7 Réglementation et régulation

La nécessité de pourvoir à un contrôle centralisé efficace dans les domaines des communications, de la radionavigation, de l'exploitation, de la sécurité et de l'administration en général ne manquera pas de se faire sentir à mesure que s'intensifiera la mise en valeur des richesses naturelles sous-marines. Aucune de ces nécessités ne modifiera à elle seule l'aspect économique des techniques envisagées dans cette étude. Mais il convient d'étudier d'ores et déjà la possibilité de regrouper toutes ces fonctions dans des installations centralisées dont les coûts pourraient être partagés avec les sociétés pétrolières.

10.8 Quartiers d'habitation

L'expérience acquise dans la mer du Nord montre que le besoin y existe pour des plates-formes pouvant loger jusqu'à 500 travailleurs oeuvrant à la construction des plates-formes de production. Une telle nécessité n'a pas encore été définie à l'égard des installations au large de la côte Est du Canada. Mais si elle devait l'être, et si on l'envisageait conjointement à un ADACport flottant, voilà qui modifierait le tableau et qui rendrait économiquement intéressante la technique des liaisons aériennes par des aéronefs à voilure fixe. Cette idée mérite d'être creusée davantage par les secteurs public et privé intéressés et, si l'attitude actuelle des responsables venait à être modifiée, il faudrait alors procéder à une évaluation plus serrée de la technique des ADACports flottants de type semi-submersible.

11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La mise en valeur des gisements pétrolifères au large de la côte Est du Canada n'en est qu'à ses débuts et ne permet certes pas de préjuger de ce qui pourra advenir à long terme. Le rapport constate que toutes les techniques faisant appel à des ADACports flottants peuvent se justifier économiquement à condition que les déplacements réalisés aient deux fois et demi le niveau des prévisions actuelles les plus élevées. La technique de la barge flottante appliquée au champ Hibernia n'est pas très loin du seuil de rentabilité lorsqu'on retient la limite supérieure de la fourchette des prévisions de demande de transport. Et il suffirait que la fonction de stockage de brut soit effectivement réalisable sur les ADACports flottants pour que ceux-ci deviennent économiques en-deçà de cette limite. Il s'agit d'une option à débattre plus à fond avec l'industrie pétrolière. En fait, l'une des recommandations majeures de ce rapport est de suivre de près l'évolution dans ce domaine de manière à pouvoir déceler quand il sera opportun de pousser plus loin l'étude de cette option.

Quant aux héliports flottants de technique avancée, ils ne sauraient se justifier sur le simple plan économique, malgré l'argument avancé du service plus efficace qu'ils autoriseraient. En revanche, l'idée de transformer certaines plates-formes de forage flottantes en héliports de dégagement IFR est intéressante et réalisable, en plus d'être économique car celles-ci pourraient constituer une base avancée pouvant abriter un certain nombre de services tant publics que privés. Les pouvoirs publics auraient intérêt à examiner cette idée sur le plan des exigences opérationnelles, techniques et de réglementation afin d'être en mesure d'offrir des services consultatifs et techniques adéquats aux milieux aéronautiques et pétroliers desservant ou exploitant des plates-formes de forage en mer.

La banque de données météorologiques n'a pas la structure qui lui permettrait de se prêter aisément à l'analyse des conditions météo aéronautiques, du moins au niveau de détail voulu. Il faudrait donc que le Service de l'environnement atmosphérique soit mis en mesure de fournir des informations plus directement exploitables et de faire les corrélations nécessaires entre conditions atmosphériques et états de mer. C'est là un objectif primordial.

Par ailleurs, le trafic aérien à l'appui des travaux de mise en valeur des richesses naturelles au large de la côte Est augmentera plus rapidement que celui des opérations

aériennes régulières et de l'aviation générale. Surtout si l'hélicoptère continue à dominer. Cet état de choses obligera les pouvoirs publics à fournir des services de contrôle de la circulation aérienne et de télécommunications se conformant davantage à la réglementation en vigueur au-dessus de la terre ferme, et de s'acquitter de plus près des obligations qui leur incombent.

Le Canada pourrait se lancer dans l'industrie des installations et des équipements de transport aérien destinés à appuyer les opérations de forage en mer. Les secteurs où il pourrait intervenir sont les suivants:

- l'avionique pour hélicoptères et les systèmes de lutte contre le givrage;
- les systèmes de navigation et de communication radioélectriques;
- la fabrication des éléments entrant dans la construction d'ADACports flottants sur barge;
- l'étude et la construction d'avions de type ADAC.

Mais les secteurs les plus propices à l'exportation seront ceux de l'avionique et des systèmes de navigation et de communications radioélectriques et des appareils eux-mêmes. Le champ pétrolifère Hibernia se présente, à ce point de vue, comme un choix idéal pour la mise au point de ces systèmes, vu son éloignement de la côte et l'environnement particulièrement rigoureux où il baigne.

Si la technique de l'ADACport peut avoir un effet bénéfique sur l'exportation d'un appareil comme le Dash-7, celle de l'ADACport flottant ne semble pas devoir trouver des débouchés à cause surtout des coûts de construction élevés dans les chantiers navals du Canada.

Les avions de type convertible sont techniquement très intéressants et ils pourraient être appelés à jouer un rôle important dans les liaisons aériennes de l'avenir avec les installations de forage en mer si, une fois mis au point, leur adaptation aux applications envisagées était couronnée de succès.

Enfin, et même s'il déborde le cadre de l'étude entreprise, le navire semi-submersible de type catamaran mérite d'être mentionné, ne serait-ce qu'à cause de sa bonne tenue en mer houleuse et au double point de vue des avantages qu'il offre pour le transport maritime au large du littoral Est du pays, et du potentiel de développement industriel fort intéressant qu'il représente.